

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

«Строительство и экология: теория, практика, инновации»

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

I Международной научно-практической конференции

9 марта 2015 года

Челябинск, 2015

ББК 38.я43 + 20.1.я43
УДК 69(063) + 502.3(063)
С863

**Строительство и экология: теория, практика, инновации: материалы
I Международной научно-практической конференции.** – Челябинск:
Издательство «ПИРС», 2015. – 308 с.

ISBN 978-5-98578-189-2

Организационный комитет:

Шестаков А.Л., Ваулин С.Д., Ульрих Д.В., Бутакова М.Д. (секретарь), Денисов С.Е.,
Костин А.М., Сабуров В.Ф., Трофимов Б.Я., Потапов А.Н., Соломин В.И.,
Панферов В.И., Пикус Г.А., Хмарова Л.И., Тимофеева С.С., Дукарт А.В.,

Иностранные участники оргкомитета:

Тотев Любен Иванов (Болгария), Пожидаева Вяра Георгиева(Болгария),
Павлов Павел Евстатиев(Болгария),
Игнасио Фаустино Менендес Пидал де Наваскуэс (Испания),
Марина Трайкова (Болгария), Олейник Александр Иванович (Казахстан)

Ответственный за выпуск:

Д.В. Ульрих, М.Д. Бутакова

Представлены материалы I Международной научно-практической конференции
«Строительство и экология: теория, практика, инновации», которая состоялась
в марте 2015 года.

Отпечатано с авторских оригиналов.

УДК 69(063) + 502.3(063)
ББК 38.я43 + 20.1.я43

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Парышев В.В., Власова Д.Л. Анализ состояния подземных источников питьевого водоснабжения п. Лазурный Красноармейского района Челябинской области	7
Тимофеева С.С., Тимофеев С.С. Возможности использования комбинированных технологии очистки сточных вод красильно-отделочных производств	9
Денисов С.Е., Гордеев Е.Н. Оценка экспериментальных данных вибрационного обезвоживания осадка сточных вод на основе контрольных карт	11
Денисов С.Е., Гордеев Е.Н. Интенсификация обезвоживания осадка сточных вод посредством вибрационного воздействия	13
Денисов С.Е., Широкова М.В., Терёхин А.А. Совершенствование системы управления водохозяйственного предприятия на базе использования системного подхода	15
Чайковский Д.Я., Арканова И.А., Чушникова А.А. Использование современных фильтрующих материалов для водоподготовки на объектах спортивно-оздоровительного назначения	18
Казанцева А.В., Белканова М.Ю., Васильев В.И. Компактная установка для приготовления питьевой воды	19
Казанцева А.В., Васильев В.И. Утилизация дренажных вод для коммунальных нужд при строительстве микрорайона	21
Маленьких Н.О., Сперанский В.С. Применение современной технологии биологической очистки сточных вод загородного поселка	24
Парышева М.А. Характеристика подземных источников, используемых в качестве питьевого водоснабжения в Красноармейском районе Челябинской области	26
Рассказова Н.С., Русин Д.Н. Оценка гидроэкологических изменений при строительстве ГТС (на примере гидроузла на реке Миасс)	28
Чайковский Д.Я., Арканова И.А., Денисов С.Е. Совершенствование систем водоподготовки аквапарков и спортивно-оздоровительных комплексов	30
Васильев В.И., Басманова Т.В. Ресурсо - и энергосбережение в проекте систем водоснабжения и канализации аэродрома	32
Гиниятуллина Э.З., Николаенко Е.В. Эффективные методы обезжелезивания воды	34
Ницкая С.Г., Перетяченко А.Д. Водоподготовка подземных вод при реконструкции систем водоснабжения поселка Синий бор	36
Ницкая С.Г., Тихтелова Е.Н. Особенности проектирования систем отведения и очистки поверхностного стока	38
Тимофеева С.С., Березин Е.Н., Тимофеев С.С. Разработка мероприятий безопасной эксплуатации системы водоснабжения в г. Ангарске	40
Тимофеева С.С. Инновационные подходы к утилизации сточных вод тепловых электростанций в качестве удобрений	42
Широкова М.В., Денисов С.Е., Мысин И.Д. Анализ мирового ценообразования на водоснабжение	46
Денисов С.Е., Маршалов О.В., Максимов С.П. Анализ механизма биологической очистки сточных вод	49
Чудинов М.П., Белканова М.Ю. Водоснабжение базы отдыха с использованием мембранных технологий	51

ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И МИКРОКЛИМАТ ЗДАНИЙ

Анисимова Е.Ю. Некоторые аспекты реализации оптимального режима прерывистого отопления зданий	54
Панферов В.И., Анисимова Е.Ю., Панферов С.В. К решению проблемы энергосбережения при теплоснабжении зданий	56
Яременко С.А. Плотников В.В., Бунин А.В. Эффективность глушителей шума в условиях запыленности воздушного потока	59
Кутепова О.А. Систематизация знаний при изложении лекционного материала дисциплины «техническая термодинамика» при интенсификации обучения для студентов заочной формы обучения	62
Нагорная А.Н., Денисюк Е.В. Проблемы конденсации влаги в зоне оконных проемов при отоплении помещений	64
Панферов С.В., Дорошенко Е.К. Расчет нагрева жидкости в проточном нагревателе	67

Нагорная А.Н., Морозова Н.С. Системы вентиляции с переменным расходом воздуха: аэродинамика вентиляционных сетей	69
Ярина Т.В., Бондарь М.С. Разработка типовой схемы горячего водоснабжения для офисных помещений предприятия	72
Старкова Л.Г. Выбор концепции эффективной вентиляции медицинских операционных	75

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕСТАВРАЦИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Оленьков В.Д., Колмогорова А.О. Восстановление церкви Георгия Победоносца в селе Варламово Челябинской области	79
Оленьков В.Д., Пронина А.А. Технология лазерного сканирования в реставрации памятников архитектуры	81
Оленьков В.Д., Пузырев П.И. Моделирование аэродинамического воздействия на уникальные здания	84
Потапов А.Н., Зямбаев Н.А. Временной анализ диссипативной системы при конструктивно нелинейной работе ее элементов	87
Потапов А.Н. Обобщённая ортогональность собственных форм колебаний упругопластических дискретных систем с учётом сил сопротивления	90
Сбитнев В.Ф. Определение частот свободных колебаний при стеснённом кручении тонкостенных систем с жёстким замкнутым контуром	94
Соломин В.И. К расчёту железобетонной оболочки дымовой трубы	97
Уфимцев Е.М. Временной анализ физически и конструктивно нелинейных колебаний ферменных конструкций при действии импульсной нагрузки. Часть 1: математические модели временного анализа нелинейных колебаний	102
Уфимцев Е.М. Временной анализ физически и конструктивно нелинейных колебаний ферменных конструкций при действии импульсной нагрузки. Часть 2: пример расчёта упругих конструктивно нелинейных колебаний фермы покрытия	106
Уфимцев Е.М. Временной анализ физически и конструктивно нелинейных колебаний ферменных конструкций при действии импульсной нагрузки. Часть 3. Пример расчёта упругопластических колебаний ферменной конструкции	108

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕОРИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Коваль С.Б., Молодцов М.В. Температурные и усадочные деформации бетона в условиях строительной площадки	112
Семенов К.О. Метод упрощенной оценки усилий в металлических каркасах в процессе монтажа	116
Байбурин А.Х. Исследования качества и безопасности гражданского строительства	119
Байбурин А.Х., Румянцев Е.В., Беляк М.А., Разумова Я.К. Оценка влияния дефектов на прочность платформенных стыков	121
Горелова А.С. Анализ существующих реологических характеристик сталефибробетонных смесей	124
Кучин В.Н. Температурные напряжения в монолитных железобетонных конструкциях при тепловой обработке	127
Мозгалёв К.М. Интенсификация технологических процессов зимнего бетонирования монолитных зданий	130
Киянец А.В. Истираемость магниезиальных растворов	133
Пикус Г.А., Пономарев А.А. Удельная теплоемкость сталефибробетона	138
Рыбаков М.М., Русанов А.Е. Метод определения удельных потерь теплоты через точечную теплотехническую неоднородность с помощью программного комплекса для моделирования двумерных полей (на примере pkelcut)	137
Фомин Н.И., Байбурин А.Х. Конструктивные решения несъемной железобетонной опалубки для повышения эксплуатационных качеств каркасов гражданских зданий	140

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Хейфец А.Л., Васильева В.Н. 3d моделирование в курсе компьютерной графики для строительных специальностей	143
Черных В.К., Раткин В.В. Системы автоматизированного проектирования в строительстве	146
Королькова Ю.В., Гурьянова Е.А. Применение информационных процессов в строительной организации для оптимизации бизнес-процессов	149
Короткий В.А., Усманова Е.А. Кривые второго порядка в задачах компьютерного моделирования архитектурных оболочек	152

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

Бутакова М.Д., Осипова М.В. Инновации КНАУФ для комфортной акустики	156
Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В. Регулирование сульфатостойкости цементов и бетонов добавками микрокремнезёма	160
Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В. Структурообразование гидратных фаз цемента при циклическом замораживании	168
Башкова Ю.Б., Максимов С.П., Шкуркина А.И. Анализ методов повышения несущей способности деревянных балок	175
Трофимов Б.Я., Бутакова М.Д., Федосеев А.В. Влияние комплексной добавки «Зола и поликарбоксилатный суперпластификатор» на свойства и структуру цементного камня	178
Герасимова Е.С., Владимирова Е.В., Васильев В.Г. Изучение влияния наноразмерного оксида алюминия на физико-механические свойства полимерцементной композиции	183
Черных Т.Н., Аверина Г.Ф. Исследование влияния добавок-интенсификаторов на температуры обжига магнезиальных горных пород	187
Киль П.Н., Кулешова Э.А. Модифицирование шлакопортландцемента ШПЦ 300	191
Маннанова К.У., Маннопова Б.А. Преимущества природных материалов	193
Горбунов С.П. Влияние органоминеральных добавок полидисперсной природы на структуру цементного камня	195
Абызов В.А., Речкалов Д.А., Черногорлов С.Н. Модифицированные глиноземистые вяжущие на основе шлаков алюминотермического производства	199
Погорелов С.Н., Семеняк Г.С., Горбунов С.П. Поведение сталефибробетона в условиях морозной агрессии	202
Хилажев Д.Р., Горбунов С.П. Исследование влияния активных минеральных добавок и поверхностно-активных веществ на особенности формирования структуры мелкозернистого бетона	204
Гамалий Е.А., Соболюкина А.М. Исследование термокинетических характеристик гидратации цементных композиций в присутствии поликарбоксилатного суперпластификатора и активных минеральных добавок	206
Крамар Л.Я., Кирсанова А.А., Ионов Ю.В. Добавки ускорители твердения цементных бетонов	209

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ: СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Асташкин В.М. Конструктивно – технологические решения стенки сборных вертикальных цилиндрических емкостей из стеклопластика	214
Губайдуллин Р. Г., Пузырев П. И. Численное моделирование фланцевого соединения стальных строительных конструкций	216
Мусихин В.А. Арматурный канат оптимальной конструкции	218
Богина М.Ю. Деформационная модель толстостенной цилиндрической оболочки, подвергающейся воздействию неравномерного поля температур и радиации	222
Сабуров В.Ф., Коржук Д.А. Математическое моделирование работы фрикционно-фланцевого соединения монтажного стыка подкрановых балок	226
Могильникова Д.С. Инновации в строительстве	228
Кирпичев М.Е. Гидротехнические сооружения: специфика проектирования	230
Серебренникова Е.Н., Чертков А.Н. Штамповые испытания на площадке строительства жилого микрорайона в пригороде Челябинска	233
Черных В.К., Нестерова Д.Н. Общие сведения о мониторинге мостов	236
Раткин В.В., Черных В.К. Влияние хлоридов на свойства бетона	239
Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Методика проведения подводного обследования транспортных сооружений на примере моста через реку великую в городе Пскове	241
Шеин А.А., Раткин В.В., Кокодеев А.В. Анализ влияния дефектов и повреждений коррозионного происхождения на напряженно-деформированное состояние корпусов вертикальных цилиндрических стальных резервуаров	244
Логвиненко А.С. Особенности конструкций и строительства многоэтажных зданий в Санкт-Петербурге	248
Нигаматова О.И., Овчинников И.Г. Методика оценки технического состояния мостовых конструкций в условиях неопределенности	250
Калинин А.Д., Карева О.А. Строительство домов из«СИБИТА»	252

ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

Лонзингер А.В., Манторова Г.Ф. Разработка методики проведения кадастрового учета промышленных отходов и техногенно-загрязненных земель г. Карабаша	254
Жилов Д.А. Ворошилов А.П. Особенности оценки точности спутниковых RTK – определений геодезических пунктов	256
Аршакян Д. Ю. Кадастровая оценка земель как экономический механизм управления городскими территориями	258
Белов С.А., Мельникова М.Н. Пространственная организация ландшафтно-экологического каркаса Челябинской городской агломерации	260
Белов С.А. Влияние рекреационной доступности на степень антропогенной трансформации Челябинского городского бора	264
Горбатенко А.А. Возможные пути повышения плотности жилого фонда в микрорайоне	268
Здарская О.В. Проект П.А. Столыпина о постройке казенных элеваторов в российской империи и сооружение Челябинского элеватора	270
Хамавова А.А. Стратегическое планирование развития субъекта РФ с учетом размещения новых предприятий	274
Переславцева И.И., Бунина Э.Н. Бганцов С.И. Пожарная безопасность объектов строительства в Российской Федерации	276
Левада Г.П., Турова К.В. Анализ использования методов определения стоимости земельных участков при оценке эффективности инвестиционных проектов	278

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Мысишин И.С., Турчанинов А.Е., Стоянова М.Г. Актуальные вопросы ресурсосбережения при производстве строительных материалов	282
Манторова Г.Ф. Техногенное загрязнение выщелоченного чернозема Челябинской области	284
Манторова Г.Ф. Поллютанты в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения	286
Мартин Банов, Павел Павлов Физико-химическая характеристика на насыпища с геологическими материалами, изгрядени при добив на медна руда	288
Тохчуков Ш.Ю. Интегральные функции снежного покрова в оледенении КЧР	294
Парышев В.В. Анализ влияния предприятий горной промышленности на состояние поверхностных водоисточников	298
Сведения об авторах	301

УДК.556.114

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
П. ЛАЗУРНЫЙ КРАСНОАРМЕЙСКОГО РАЙОНА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**
ANALYSIS OF THE CONDITION OF UNDERGROUND SOURCES OF DRINKING WATER SUPPLY
OF THE S. LAZURNIY KRASNOARMEISKY DISTRICT OF CHELYABINSK REGION

Парышев В.В., магистрант, Власова Д.Л., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Из 46 крупных населенных пунктов области в 22 водоснабжение осуществляется исключительно за счет подземных вод. К таким населенным пунктам относится поселок Лазурный Красноармейского района Челябинской области, расположенный возле озера Сугояк. Однако при снабжении малых населенных пунктов питьевой водой из подземных источников следует учитывать повышенное содержание железа в подземных водах челябинской области.

Abstract. From 46 large settlements of area in the 22nd water supply it is carried out only at the expense of underground waters. The settlement Lazurniy Krasnoarmeisky district of Chelyabinsk region, Sugoyak located near the lake belongs to such settlements. However at supply of small settlements with drinking water from underground sources it is necessary to consider the raised content of iron in underground waters of Chelyabinsk region.

Ключевые слова: подземные источники водоснабжения, качество питьевой воды, повышенное содержание железа.

Keywords: underground sources of water supply, quality of drinking water, the raised content of iron.

подавляющая часть подземных вод Челябинской области относится к Больше-Уральскому сложному бассейну пластово-трещинных напорных и безнапорных вод. Водоносность пород Больше-уральского бассейна связана с верхней трещиноватой зоной палеозойских пород разного состава и происхождения — гранитами, известняками, песчаниками, вулканитами — мощностью которой меняется от 3 до 150 м. Водоносными являются также зоны тектонических нарушений (разломов) северо-северо-западного и северо-северо-восточного направлений. Скальные породы в этих зонах обычно рассланцованы, нередко раздроблены, что благоприятствует притоку и циркуляции подземных вод. Особенно водообильны карбонатные породы: известняки, мергели, доломиты. Как правило, они закарстованы, что создает особенно благоприятные условия для циркуляции подземных вод. На карбонатные породы, при их относительно небольшой распространённости, приходится до 30% всех запасов подземных вод. По химическому составу подземные воды разнообразны, но преобладают пресные гидрокарбонатного состава.

Кроме пресных подземных вод, на территории области найдены и минеральные, особенности состава и свойств которых (температура, содержание радиоактивных элементов, особый солевой состав, его концентрация) позволяют использовать их в качестве лечебных. Суммарные разведанные запасы минеральных лечебных вод в области равны 1,79 тыс. куб. м/сутки. Последнее время в области частными фирмами используются минерализованные подземные воды, которые относятся к категории столовых и лечебно-столовых.

Всего в области разведано 43 месторождения и 26 участков скопления подземных вод, в том числе 6 месторождений минеральных вод. Общие их запасы составляют 842 тыс. куб. м/сутки, на государственном учете находится 43 месторождения с запасами 640,96 тыс. куб. м/сутки. В настоящее время из них эксплуатируется 19 месторождений, из которых отбирается 313 тыс. куб. м/сутки. Подготовлено к эксплуатации Сухарышское месторождение с запасами 45 млн. куб. м, которое будет снабжать хорошей питьевой водой жителей Челябинска и близлежащих городов.

Из 46 крупных населенных пунктов области в 22 водоснабжение осуществляется исключительно за счет подземных вод. К таким населенным пунктам относится поселок Лазурный Красноармейского района Челябинской области, расположенный возле озера Сугояк. Снабжение поселка питьевой водой осуществляется из трех скважин, глубиной от 50 до 100 м. По данным Роспотребнадзора данная питьевая вода не соответствует СанПин 2.1.4.10749-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» по показателю железо.

Из данных таблицы видно, что за три исследуемых года качество воды из скважин ни разу не соответствовало СанПин 2.1.4.10749-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», имея показатели от 1,1 до 7,8 мг/л при норме его содержания в питьевой воде 0,3 мг/л.

Исходным материалом для образования и накопления железа в природных водах являются водовмещающие породы и породы, с которыми вода контактирует в процессе своей миграции. К их числу относятся песчано-гравийные и глинистые материалы, содержащие большое количество железистых соединений. Железо в природных водах может находиться в виде двух- и трехвалентных ионов, коллоидов органического и неорганического

происхождения, комплексных соединений с гуматами и фульвокислотами, а также в виде тонкодисперсной взвеси. В природных водах значение pH обычно колеблется в пределах 6,2-7,5, поэтому в них не может содержаться трехвалентное железо, но может присутствовать (например, в подземных водах при отсутствии растворенного в воде кислорода и других окислителей) двухвалентное железо в виде ионов или в составе солей. [1].

Таблица 1 – Содержание железа в пробах из скважин, мг/л.

2011 год				2012 год				2013 год			
I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.
2,5	4,0	6,5	2,2	5,6	7,8	2,5	1,1	5,8	4,9	4,1	3,3

Преобладающей формой существования железа в подземных водах является гидрокарбонат двухвалентного железа, который устойчив только при наличии больших количеств уголекислоты и отсутствии растворенного кислорода. При уменьшении концентрации уголекислоты, т.е. при повышении pH и появлении в воде растворенного кислорода или других окислителей, происходит процесс гидролиза, и железо переходит в малорастворимый гидроксид двухвалентного железа. Процесс окисления двухвалентного железа в трехвалентное в естественных условиях протекает при участии микроорганизмов – железобактерий, которые используют энергию, выделяемую при окислении железа. Образующийся при окислении гидроксид железа мало растворим в воде. Железо может быть переведено из этого комплекса в осадок двумя путями: естественным – при участии бактерий, разрушающих органическое вещество, и искусственным – с помощью сильных окислителей, уничтожающих защитные коллоиды, либо под действием коагулянтов, например, золь кремниевой кислоты [1].

Необходимая степень обезжелезивания воды определяется конечными целями, для которых эта вода будет использоваться. И хотя на сегодняшний день не существует единого универсального метода комплексного удаления всех существующих форм железа из воды, но используя ту или иную схему очистки, все равно можно добиться желаемого результата в каждом конкретном случае.

Окисление двухвалентного железа (Fe^{2+}) кислородом, содержащимся в воде, происходит медленно. Его скорость зависит от величины pH среды и достигает приемлемой для практических целей при значении $pH > 8$.

Поэтому для интенсификации процесса окисления железа прибегают к подщелачиванию воды, ее перемешиванию, аэрации, обработке хлором или каким-либо другим окислителем. Данную стадию можно назвать – стадией предварительной подготовки воды для обезжелезивания.

Таким образом, в целом, традиционные методы предварительной подготовки воды для обезжелезивания основываются: на окислении двухвалентного железа кислородом воздуха (аэрация); на химическом воздействии на двухвалентное железо или его соединений сильных окислителей (активный хлор, перманганат калия, перекись водорода, озон и т.д.).

Эти методы позволяют предварительно подготовить воду для перевода железа из двухвалентного в трехвалентное состояние с образованием нерастворимого гидроксида железа (III).

Однако выбор стадий очистки обезжелезивания воды на этом не оканчивается, поскольку после выбора способа предварительной подготовки воды для обезжелезивания необходимо выбрать способ ускорения реакции окисления, а также метод удержания нерастворимого гидроксида железа (III), который, впоследствии, может удаляться отстаиванием и (или) фильтрацией с добавлением коагулянтов (флокулянтов), если это потребуется.

В настоящее время наиболее широко применяемым является метод каталитического обезжелезивания. Метод основан на ускорении процесса реакции окисления из двухвалентного состояния железа в трехвалентное в слое зернистого материала – катализатора обезжелезивания. При этом реакция окисления железа происходит внутри напорного резервуара на скорых насыпных фильтрах, в которых засыпным слоем служит специальная фильтрующая среда с каталитическими свойствами. В первую очередь каталитические и фильтрующие свойства этих материалов определяются их высокой пористостью, обеспечивающей среду, как для протекания реакции окисления двухвалентного железа, так и обуславливающей способностью к удержанию окисленного трехвалентного железа внутри насыпного слоя.

Выбор катализатора обуславливается только качеством исходной воды и необходимой скоростью объемной фильтрации. При этом необходимо учитывать вроде бы незначительные факторы: значение pH исходной воды, совместимость каталитического слоя с дозируемыми реагентами и пр. Необходимо учесть и тот фактор, что практически всегда обезжелезивание происходит одновременно с удалением из воды марганца, который окисляется значительно труднее, чем железо, и при более высоких значениях pH. То есть, при высоком содержании марганца в исходной воде лучше всего осуществить пропорциональное дозирование щелочного раствора для увеличения pH. Таким образом, даже «самый хороший катализатор обезжелезивания» сможет удержать коллоидные частицы железа в диапазоне 10 – 25 мкм, остальные «проскользнут» дальше в систему водоснабжения. Исследования показали, что размер этих частиц со-

ставляет 1 – 7 мкм. Поэтому на финише необходим «фильтр-полицейский», которым, как правило, является патронный фильтр с картриджами глубинного типа, 5 мкм с переменной плотностью укладки волокон и пост-фильтром 1 мкм. И так, блок схема процесса обезжелезивания воды для п. Лазурный должна выглядеть следующим образом: предварительная подготовка; фильтр каталитического обезжелезивания; патронный фильтр с глубинными картриджами.

Библиографический список

1. Кирин, Ф.Я. География Челябинской области: справочное пособие / Ф.Я. Кирин – 4е изд., переработ. – Челябинск: Южно-Уральское кн. изд., 1973. – 99 с.

2. Макунина, А. А. Ландшафты Урала / А.А. Макунина – Москва: изд-во МГУ, 1974. – 100 с.
3. Тюмасева, З. И. Живые памятники природы Челябинской области: Методические рекомендации / З.И. Тюмасева, А.В. Лагунов – Челябинск: изд-во ЧОИУУ, 1988. – 73 с.
4. Алексеев, Л.С. Контроль качества воды: учебник / Л.С. Алексеев. – Москва: изд-во Инфра-М, 2009. – 159 с.
5. Черкасов, С.В. Обезжелезивание воды. Теория и практика / С.В. Черкасов // Журнал СОК. Рубрика «Водо-подготовка и водоотведение». – 2005 – №11.

УДК 628.3

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КРАСИЛЬНО-ОТДЕЛОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ USE OF COMBINED WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY OF DYEING AND FINISHING OF TEXTILES

Тимофеева С.С., д.т.н., профессор, Тимофеев С.С., магистрант

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет

Аннотация. Рассмотрены технологии очистки сточных вод красильно-отделочных производств. Обобщены разработки авторов по созданию комплексной технологии очистки, включающие электрохимическую обработку, сорбционную и фитотехнологическую обработку с использованием габионов.

Abstract. Considered wastewater treatment technologies in dyeing and finishing industries. Summarized authors' achievements in development of comprehensive treatment technology, including electrochemical treatment, sorption and phytotechnological processing using gabions

Ключевые слова: сточные воды красильно-отделочного производства, комплексная технология очистки, фитотехнология

Keywords: wastewater dyeing and finishing production complex purification technology, phytotechnology

Современная индустрия моды требует все больше новых и новых тканей, мехов высокого качества. Это сопряжено, прежде всего, с использованием широко ассортимента химических материалов, среди которых поверхностно-активные вещества, красители, дубители, новые отделочные материалы и т. д. Эти материалы, поступая со сточными водами в водоемы, загрязняют их, вызывают появление неприятных запахов, изменяют окраску и вкусовые качества воды и действуют отрицательно на организмы, живущие в воде. В меховой промышленности процессы выделки овчинно-шубного полуфабриката проводятся при высоких значениях жидкостных коэффициентов, поэтому образуется большое количество сточных вод, которые необходимо очищать. Например, расход воды на выделку 1000 овчин составляет примерно 300 м³.

Текстильное производство характеризуется значительными объемами сточных вод. Несмотря на применение современных технологий водосбережения, объем производственных сточных вод может достигать 1000 м³/сутки. Сточные воды поступают с различных технологических операций и имеют сложные составы. Основными загрязняющими веществами являются органические красители.

Состав и концентрация сточной воды текстильного производства зависит от типа ткани, типа красителей и применяемых процессов окрашивания волокна. Все эти параметры неоднократно

изменяются в течение рабочей смены. Кроме того, в процессах обработки текстиля используется множество химических добавок к растворам красителей, например, пероксиды, производится изменение pH в диапазоне 4 – 12 и температуры от 50 до 90°C.

Специфическими загрязнениями сточных вод текстильных фабрик являются синтетические поверхностно-активные вещества. Количество синтетических поверхностно-активных веществ в сточных водах отделочных текстильных фабрик колеблется от 5 до 150 мг/л.

Характерными особенностями сточных вод отбельно-красильных хлопчатобумажных и льняных фабрик являются их интенсивная окраска, щелочная реакция, высокий плотный остаток и малое количество биогенных элементов.

Анализируя современное состояние методов обезвреживания сточных вод красильно-отделочных производств, следует отметить, что наиболее рациональная схема канализования красильно-отделочных производств предусматривает разделение промышленных сточных вод на потоки и локальная их очистка. Для предприятий с небольшими расходами сточных вод (до 1000 куб. м в сутки) разделение канализации может оказаться нерациональным. Поэтому необходимо предварительно производить технико-экономическое обоснование.

Все известные методы очистки сточных вод красильно-отделочных производств можно разделить на три основные группы [1].

Первая группа – методы, основанные на извлечении загрязнений в осадок на хлопьях гидроксидов металлов, образующихся при реагентной обработке. Это коагуляция, электрокоагуляция, напорная флотация. Недостатками их являются необходимость эмпирического подбора реагентов, трудность в дозировке реагентов, образование значительных количеств осадков или флотошлама, необходимость их обезвреживания, захоронения или складирования.

Вторая группа включает сепаративные методы, такие как сорбция, на активных углях и макропористых ионитах, обратный осмос, ультрафильтрация, пенная сепарация, электрофлотация. Эти методы обеспечивают высокую степень очистки, но требуют предварительной механо-химической обработки с целью удаления нерастворимых примесей, сложны в аппаратном отношении, имеют высокую себестоимость.

Третья группа – объединяет деструктивные методы, основанные на глубоких превращениях органических молекул в результате редокс-процессов. Эти методы технологичны, эффективны, не дают осадков, не вносят дополнительные загрязнения. Из деструктивных наиболее широко применяется очистка стоков окислителями, реагентное восстановление, электромеханическая и электрокаталитическая деструкция. К деструктивным же методам относится и биохимическая очистка.

Рассмотрим примеры реализации технологий очистки сточных вод красильно-отделочных производств, разработанных непосредственно при участии автора настоящей статьи.

Нами предложена и отработана технология гальванохимической обработки сточных вод красильно-отделочных производств [2]. В традиционных технологиях для коагуляции красителей предложено в сточные воды вводить в качестве флокулянта серноокисное железо (Ш).

Достаточно широкое распространение в очистке сточных от красителей и ПАВ получили сорбционные технологии. Лучшими сорбентами для извлечения ПАВ и красителей являются активированные угли, при выборе которых необходимо учитывать ряд требований. Прежде всего, такие угли должны быть крупнопористыми, чтобы их внутренняя поверхность была доступна для диффузии больших ионов и ионных ассоциатов ПАВ. Выпускаемые промышленностью активированные угли, как правило, микропористы, поэтому их удельная поверхность используется незначительно. Так на угле СКТ использование удельной поверхности ПАВ не превышает 1 %, на угле КАД используется 24-15% удельной поверхности, на активированном антраците -20-25%.

В качестве сорбционных материалов для очистки от красителей и ПАВ сегодня испытаны дробленый активированный антрацит, торф, бурые угли, лигнины, в том числе гидролизный, предварительно модифицированные щелочью, кора тикового дерева, рисовая шелуха, хлопковые отходы, волосы (отходы парикмахерских), опилки, шелуха орехов, минеральные сорбенты, в частности гли-

нистые минералы: бентониты, доломиты, монтмориллониты, перлиты, шлаки от котельных и тепловых электростанций и другие.

Установлено, что слоистые силикаты, в частности монтмориллониты, являются активными красителями для удаления катионных красителей, а после модификации и анионных красителей. В Байкальском регионе имеются значительные запасы монтмориллонитовых глин, в частности Тулдонское месторождение в республике Бурятия. Содержание монтмориллонита в горной породе составляет около 65%, каолинита 5%. Установлено, что данный сорбент может быть рекомендован для использования в качестве сорбента, после предварительной модификации солями железа, обработкой ультразвуком.

Образующиеся при очистке осадки могут быть утилизированы как непосредственным использованием в качестве добавки при изготовлении грунтов и шпатлевок, применяемых для выравнивания металлических поверхностей, так и методами вермикомпостирования.

Таким образом, в настоящее время разработаны множество технологий локальной очистки сточных вод красильно-отделочных производств, однако их применение не всегда рентабельно, особенно для малых предприятий. Поэтому предприятия предпочитают направлять сточные воды после предварительного разбавления на биологические очистные сооружения.

Биологическая очистка имеет ряд важнейших преимуществ. Микроорганизмы осуществляют полную деструкцию загрязнений до газообразных продуктов и воды, обеспечивая тем самым круговорот элементов в природе, таким образом, при биологической очистке не происходит концентрации загрязнений или перевода их в другую форму. Достоинством является и то, что биологическая очистка наиболее экономична. Процесс биологической очистки от красителей может осуществляться в различных сооружениях: аэротенках, биофильтрах, биореакторах и прудах. В частности, нами доказано, что возможно применение фитотехнологий в обезвреживании красителей трифенилметнового ряда. Установлено, что водные растения, обладая пероксидазной активностью при наличии перекиси водорода в природной воде или в самих растениях, способны обезвреживать красители. При этом процесс обезвреживания является комплексным; происходит накопление и метаболизм, при котором преобладающим является ферментативное окисление. Высокие скорости извлечения красителей растениями с повышенной активностью пероксидазы позволяют рекомендовать именно такие посадки в специальных прудах для очистки от красителей [3].

Исходя из накопленного опыта, и, созданных при участии автора технологий очистки сточных вод красильно-отделочных производств, можно рекомендовать применение комплексной технологии обезвреживания, сочетающей технологии сорбционного и фитотехнологического извлечения красителей, путем создания габрионных сооружений, заполненных монтморелланитом или бентонитом из местного сырья и посадками водных растений [4].

Одним из существенных преимуществ очистных сооружений с использованием фитотехнологии

и габионов является их долговечность. Почти полное отсутствие насосного оборудования, благодаря самотечному движению очищаемой воды обеспечивает очистным сооружениям на основе фитотехнологии почти неограниченный период эксплуатации. Из множества вариантов инженерных сооружений фитотехнологической очистки можно рекомендовать биоплато в сочетании с габионными конструкциями. Комплекс биоплато для очистки сточных вод может состоять из следующих сооружений: сооружения механической очистки, а для производственных сточных вод еще и сооружения физико-химической очистки; фильтрационные блоки с вертикальным и горизонтальным движением воды; поверхностные блоки.

Габионы прекрасно вписываются в окружающую среду, нередко почти полностью сливаясь с ней. Они не только не умаляют эстетической ценности природы (в отличие, например, от сооружений из железобетона), но даже дополняют ее. Проводившиеся до настоящего времени эксперименты и натурные наблюдения за функционированием габионов дают основание утверждать, что при условии правильного проектного решения срок их службы практически неограничен (если не рассматривать такие экстремальные ситуации, как катастрофические землетрясения, сели, горные обвалы и т. д.). Более того, процесс консолидации (слияния) габионных конструкций и примыкающей к ним грунтовой толщи и растительности способствует с течением времени усилению их прочности и устойчивости. Габионы обладают высокой водопроницаемостью, что исключает возникновение гидростатических нагрузок. Высокие дренажные свойства также позволяют в большинстве случаев строить подпорные стенки без сопутствующего дренажа.

Простота конструкций, малые затраты на сборку и эксплуатацию обеспечивают экономичность по сравнению с традиционным железобето-

ном. Для установки сетчатых конструкций не требуется использование грузоподъемных машин. Доставка и установка возможна практически везде, так как вес сетчатых конструкций невелик и возможна переноска на руках. Сетчатые конструкции экономичны и не требуют ухода при последующей эксплуатации. Благодаря тому, что сетчатые конструкции не препятствуют росту растительности и сливаются с окружающей средой, они представляют собой естественные строительные блоки, прекрасно взаимодействующие с ландшафтом. Вследствие этого со временем эффективность сооружения не снижается, а возрастает.

Таким образом, в настоящее время, биоинженерные сооружения: гидрботанические площадки, биоплато, габионные конструкции находят все большее применение, так как обладают рядом преимуществ, а именно низкой стоимостью монтажа, возможностью использования местных материалов, низкими эксплуатационными затратами, хорошей сочетаемостью с ландшафтами и возможностью служить местообитанием различных животных.

Библиографический список

1. Тимофеева С.С. Состояние и перспективы развития методов очистки сточных вод красильно-отделочных производств // Химия и технология воды, 1991 -т.13, №6.-с. 555-570
2. Сизых М.Р. Батоева А.А., Тимофеева С.С. Локальная очистка сточных вод красильно-отделочных производств // Водоснабжение и сан.техника, 2013, №3-1.
3. Тимофеева С.С., Черемных Н.В. Извлечение трифенилметановых красителей макрофитами // Водные ресурсы, №2, 1988- с.144-149
4. Тимофеева С.С. Применение комплексной технологии очистки сточных вод красильно-отделочного производства//Водмагazine № 5 (69),май 2013.-с.38-41

УДК 628.35

ОЦЕНКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ВИБРАЦИОННОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ EVALUATION OF EXPERIMENTAL DATA VIBRATORY DEHYDRATION OF SEWAGE SLUDGE ON THE BASIS OF CHECKLISTS

Денисов С.Е., д.т.н., проф., Гордеев Е.Н., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. При вибрационной обработке осадка сточных вод, в результате возникновения случайных погрешностей, действительные данные о содержании воды являются случайной величиной и могут принимать любые значения в границах определенного интервала. Повысить эффективность обработки результатов замеров предлагается за счет использования контрольных карт, которые позволяют обнаружить отклонения от нормального хода процесса, и объяснить причины этих возникших отклонений.

Abstract . When vibration treatment of sewage sludge as a result of random errors valid data on the content of the water is a random variable and can take on any value within a defined range. To improve the efficiency of processing the results of measurements are offered by the use of checklists, which can detect any deviations from the normal course of the process, and explain the reasons for these deviations occurred.

Ключевые слова: Осадок сточных вод, обезвоживание, вибрационное воздействие, статистический метод, граница интервала, погрешность, обработки результатов.

Keywords: Sewage sludge, dehydration, vibration exposure, the statistical method, of the interval, error, processing the results.

В области охраны природы одной из наиболее острых экологических проблем является проблема удаления, обработки и утилизации осадков городских сточных вод, что в условиях интенсификации строительства предприятий и особенно жилья является весьма актуальным. Выделенные в процессе очистки осадки являются труднофильтруемыми суспензиям коллоидного типа. Масса факторов осложняют их обработку: большие объемы, бактериальная зараженность, наличие органических веществ, способных быстро загнить с выделением неприятных запахов, неоднородность состава и свойств осадков. В настоящее время необходима интенсификация процессов обработки осадков путем применения в первую очередь новых методов их обезвоживания, одним из которых является вибрационное обезвоживание. Успешное решение вопросов обезвоживания при проектировании, реконструкции и строительстве водоотводящих систем и очистных сооружений позволит улучшить экологическое равновесие в природе. Плотность сухого вещества в осадке интенсивно увеличивается по мере снижения объемной влажности, особенно на начальном этапе обезвоживания. Наиболее целесообразно снижение объемной влажности осадка с начальных 93 – 98 % на 20 – 25%, что повышает плотность сухого вещества в 6 – 8 раз. Именно этот этап является важнейшим во всей цепочке процесса утилизации осадка.

Обезвоживание осадка сточных вод на иловых площадках является распространенным и широко используемым методом. Несмотря на недостатки, использование иловых площадок весьма распространено по причине дешевизны их эксплуатации и простоты обслуживания[1]. При вибрационной обработке осадка сточных вод на иловых площадках, действительные данные о содержании воды являются величиной статистической и могут принимать любые значения в определенном интервале значений. В результате возникновения случайных погрешностей в виде неравномерности подсыхания осадка, локализации областей обработки вибрационными воздействиями, неравномерности свойств и структуры осадка, уплотнения нижних слоев осадка и ухудшение на этом фоне эффективности дренирования, возможны и различные показания влажности для проб осадка из разных мест иловой площадки. При уменьшении влажности осадка до требуемого уровня его необходимо удалить. Решение о необходимости этого принимаются на основании полученных статистических данных влажности осадка. Эффективность обработки результатов замеров предлагается повысить за счет использования метода, основанного на применении контрольных карт, который позволяют не только обработать статистические данные, но и обнаружить отклонения от нормального хода процесса, и объяснить причины возникновения этих отклонений.

Контрольная карта - графический способ представления и сопоставления информации, основанной на последовательности выборок, отражающих текущее состояние процесса, с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости (рис. 1). Цель контрольных карт – обнаружить неестественные изменения в

данных и дать критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости. Процесс находится в статистически управляемом состоянии, если изменчивость вызвана только случайными причинами. При определении этого приемлемого уровня изменчивости любое отклонение от него считают результатом действия особых причин, которые следует выявить, исключить или ослабить[2]. Контрольная карта представляет собой бланк, на котором проводят центральную линию CL , соответствующую эталонному значению характеристики, в качестве которого обычно служит среднее арифметическое рассматриваемых данных и две статистически определяемые контрольные границы относительно центральной линии CL : верхнюю UCL и нижнюю LCL контрольные границы.

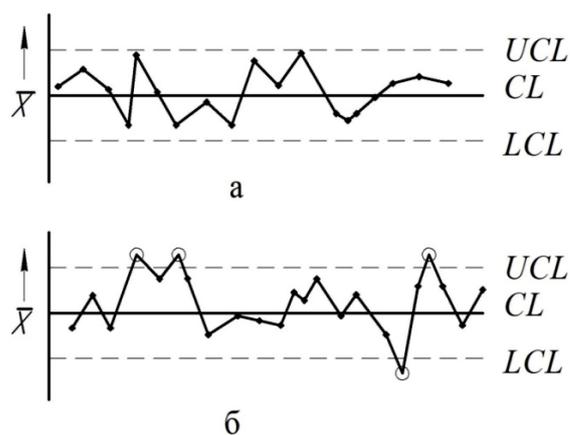


Рис. 1-Примеры контрольных карт:
а – стабильное состояние процесса;
б - нестабильное состояние процесса

Расположение точек контролируемого параметра вне контрольных пределов или их особое расположение внутри контрольных границ свидетельствует о нахождении характеристик в нестабильном состоянии.

Верхняя и нижняя границы на контрольной карте находятся на расстоянии 3σ от центральной линии, где σ – генеральное стандартное отклонение используемой статистики. Изменчивость внутри подгрупп является мерой случайных вариаций. Для получения оценки σ вычисляют выборочное стандартное отклонение или умножают выборочный размах на соответствующий коэффициент. Границы $\pm 3\sigma$ указывают, что около 99,7 % значений характеристики подгрупп попадут в эти пределы при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии. Другими словами, есть риск, равный 0,3 % (или в среднем три на тысячу случаев), что нанесенная точка окажется вне контрольных границ.

Предлагается использовать карты для количественных данных, а именно результатов наблюдений, полученных с помощью измерения и записи значений некоторой характеристики для каждой единицы, рассматриваемой в подгруппе (в рассматриваемом случае содержание воды в образце). Для таких карт предполагается нормальное распределение (распределение Гаусса) для вариаций внутри выборок. Карты отражают состояние процесса через разброс характеристик и через

расположение центра (среднее значение характеристик). Поэтому контрольные карты для количественных данных необходимо анализировать парами – одна карта для расположения (карты среднего (\bar{X} – карта) и одна – для размахов (\bar{R} – карта). В табл. 1

и 2 приведены формулы и коэффициенты для расчета контрольных границ для \bar{X} -и \bar{R} - карт. Перед началом проведения замеров готовят бланк, куда заносят результаты измерений контролируемого параметра.

Таблица 1 – Формулы для расчета границ контрольных карт

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы*	
	Центральная линия CL	LCL и UCL	Центральная линия CL	LCL и UCL
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ или $\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{s}$	X_0 или μ	$X_0 \pm A_1 \sigma_0$
\bar{R}	$\bar{\bar{R}}$	$D_4 \bar{R}, D_3 \bar{R}$	R_0 или $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0, D_2 \sigma_0$

Пользователю контрольных карт необходимо обращать внимание на любую необычную структуру

ру точек, которая может указывать на проявление особых (неслучайных) причин.

Таблица 2 – Коэффициенты для расчета границ контрольных карт

Выборка n	Для вычисления контрольных границ			Для вычисления центральной линии CL				
	A1	A2	A3	D1	D2	D3	D4	d2
2	2,12	1,88	2,65	0	3,69	0,00	3,27	1,13
3	1,73	1,02	1,95	0	4,36	0,00	2,57	1,69
4	1,50	0,73	1,63	0	4,70	0,00	2,28	2,06
5	1,342	0,577	1,427	0	4,918	0,000	2,114	2,326

Процесс обезвоживания осадка на иловых площадках, как и большинство процессов, может быть измерен, так что применимость карт количественных данных для таких целей потенциально широка, при этом измеренное значение содержит больше информации, чем простое наличие или отсутствие какого-либо признака, а характеристики процесса могут быть проанализированы независимо от установленных требований. Карты дают независимую картину того, на что процесс способен.

После этого характеристики процесса можно сравнивать с установленными требованиями.

Библиографический список:

1. Благоразумова А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: Учебное пособие. / А.М. Благоразумова – СПб.: Изд-во «Лань», 2014. — 208 с.
2. ГОСТ Р 50779.40–96(ИСО 7870– 93). Контрольные карты. Общее руководство и введение. – М.: Госстандарт России, 1996. – 14 с.

УДК 628.35

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД ПОСРЕДСТВОМ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

INTENSIFICATION OF DEHYDRATION OF SEWAGE SLUDGE BY VIBRATION EXPOSURE

Денисов С.Е., д.т.н., проф., Гордеев Е.Н., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. Сократить время обезвоживания осадка сточных вод на иловых площадках предлагается посредством вибрационного воздействия на технологическую фильтрующую систему и на приграничный к фильтру слой осадка. При этом предлагается воздействовать на фильтр высокочастотными колебаниями для предотвращения перемешивания твердой и жидкой составляющей осадка.

Abstract . To reduce the time dehydration of sewage sludge on sludge beds is offered by vibration impact on technological filter system and on the border to the filter layer of sediment . It is proposed to act on the filter to prevent high frequency oscillations of mixing the liquid component and the solid precipitate.

Ключевые слова: Осадок сточных вод, иловые площадки, обезвоживание, вибрационное воздействие, сегрегация, водная суспензия, вибрационная машина.

Keywords: Sewage sludge , sludge beds , dehydration, exposure to vibration, segregation, aqueous suspension, vibration machine

Обезвоживание осадков сточных вод на иловых площадках является распространенным и широко используемым методом. Иловые площадки устраивают с искусственным дренирующим основанием, куда поступают осадки влажностью около 93 - 97%. Размеры каждой площадки составляют 1500 – 10000 кв.м. Наиболее целесообразно снижение объемной влажности осадка на 20 % от начальной, это существенно повышает его плотность, а объем уменьшается в 6 – 8 раз. При уменьшении влажности осадка до 70–75% его сгребают бульдозерами или скреперами и вывозят автотранспортом. На иловых площадках устраивают дороги с пандусами для съезда на них автотранспорта и средств механизации. Недостатками приведенных иловых площадок являются [1]:

1) неспособность дренировать и отводить иловую воду осадка в период весеннего таяния, так как дренаж заморожен и длительное время находится в таком состоянии (особенно в условиях Урала и Сибири);

2) невозможность отведения иловой воды осадка с любой глубины;

3) при заполнении карт осадок расслаивается, нижний слой уплотняется, и фильтрация прекращается;

4) низкие годовые нагрузки;

5) атмосферные осадки существенно снижают скорость обезвоживания.

Следует отметить, что несмотря на указанные недостатки, использование иловых площадок весьма распространено по причине дешевизны их эксплуатации и простоты обслуживания. Рассмотренные недостатки уже существующих иловых площадок, предлагается решать посредством использования вибрационного фильтрования осадка сточных вод.

Для осуществления такого процесса предлагается вибрационная машина представляющая собой цилиндрическую емкость, внутри которой закреплен погружной высокочастотный вибровозбудитель. На периферии цилиндрического корпуса установлена фильтрующая перегородка, через которую, вода содержащаяся в осадке стекает внутрь емкости, откуда откачивается насосами. Интенсификация процесса фильтрации и самоочистка фильтра происходит за счет вибрационного перемещения фильтрующей перегородки. Поскольку используются существующие иловые площадки, то продолжается и отвод воды через существующую дренажную систему.

Рассматривая вибрационное движение предлагаемой вибромашины, в осадке сточных вод, который может быть представлен вязкой несжимаемой жидкостью, целесообразно свести действие жидкости к некоторым силам. При решении многих прикладных задач данного класса взаимодействие жидкости и фильтрующей оболочки представляется как модель сочетающая движение вибрирующего тела и пластины в жидкости, поскольку последняя отфильтровываясь находится по обеим сторонам оболочки.

Действие жидкости на тело сводят к силе, зависящей только от скорости движения тела относительно жидкости. Рассматривая такую задачу в неограниченном объеме, можно воспользоваться

её решением [2] данным А.И.Лурье. Задача сводится к решению уравнений:

$$u = \text{grad} \rho + \nu \Delta u, \text{div} u = 0,$$

где u – скорость жидкости, м/с,

ρ – давление жидкости, Па

ν – плотность жидкости, кг/м³,

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с

Δ – оператор Лапласа.

Граничные условия заключаются в равенстве нулю скорости жидкости на бесконечном удалении от центра тела и равенстве скоростей жидкости на поверхности тела.

Рассмотрим пластину совершающую поступательные гармонические колебания в плоскости перпендикулярной её поверхности, по гармоническому закону с частотой ω . В соответствии с исследованиями Стокса, для распределения скоростей в толще жидкости, по мере удаления от поверхности пластины справедливо соотношение:

$$V = V_0 e^{-\beta x} \cos(\omega t - \beta x),$$

где V – скорость жидкости, м/с,

V_0 – скорость на поверхности пластины, м/с,

ω – частота колебаний, Гц,

β – коэффициент,

x – расстояние от поверхности, м,

t – время, с.

Из формулы следует, что пластина вовлекает жидкость в колебательное движение, с частотой ω с убывающей по экспоненте амплитудой. Глубину проникновения δ колебаний [2] можно определить согласно выражению:

$$\delta = 3 \sqrt{\frac{2\nu}{\omega}}.$$

Из формулы видно существенное уменьшение этой величины по мере увеличения частоты колебаний, а значит жидкость обладает свойствами фильтра высоких частот.

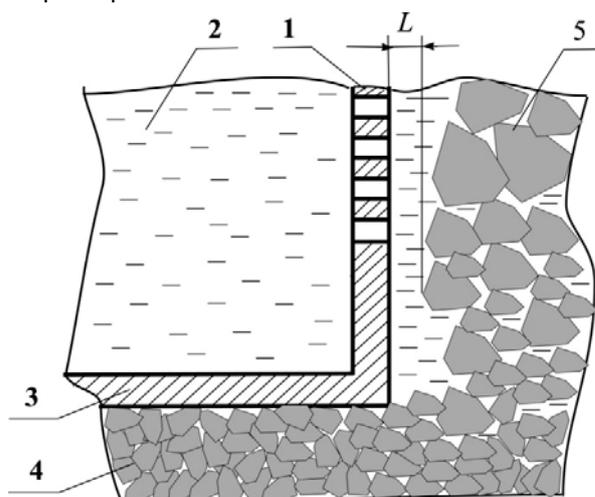


Рис. 1 - Изменение структуры осадка при вибрационном фильтровании

Базируясь на вышеизложенных теоретических сведениях, можно сказать, что вибрационное воз-

действие будет оказывать свое влияние на относительно узкий слой L (рис. 1) осадка в непосредственной близости от поверхности фильтра 1, в этом районе получим оживленный слой осадка с низким содержанием твердой фазы и высоким содержанием воды, нарушения структуры остальной части осадка не произойдет, т.е. дополнительного взбалтывания остальной части осадка не будет. Величина L будет представлять собой сумму амплитуды колебаний поверхности фильтра и глубины проникновения колебаний, при этом чем выше частота колебаний и меньше амплитуда, тем тоньше будет слой L .

В соответствии с представленным рисунком, отфильтрованная вода 2 будет сливаться в емкость 3 вибромашины и откачиваться. Способствовать процессу фильтрации будет и эффект сегрегации, а именно расслоения твердой составляющей на крупную 5 и мелкую фракции 4. Находя-

щаяся на поверхности крупная фракция лучше пропускает воду для фильтрации.

Таким образом, применение в рассмотренной конструкции вибромашины высокочастотных колебаний обеспечивает значительное увеличение эффективности обезвоживания осадков, как за счет интенсификации фильтрации в самой вибромашине, так и за счет традиционного обезвоживания на остальной части иловой площадки. Наиболее полезен такой способ обезвоживания весной, поскольку традиционный способ не обеспечивает слива осадка через дренаж по причине замерзания.

Библиографический список

1. Благоразумова А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод: Учебное пособие. / А.М. Благоразумова – СПб.: Изд-во «Лань», 2014. — 208 с.
2. Блехман И. И. Вибрационная механика./ И.И. Блехман – М.: Изд-во Физматлит, 1994. – 400 с.

УДК 628.54

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

THE IMPROVEMENT OF THE MANAGEMENT SYSTEM FOR WATER-BASED ENTERPRISE USING A SYSTEMATIC APPROACH

Денисов С.Е., д.т.н., проф., Широкова М.В., магистрант, Терехин А.А., соискатель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос повышения эффективности системы управления водохозяйственного предприятия, на примере Муниципального унитарного предприятия «Производственное объединение водоснабжения и водоотведения» г. Челябинска. Предложено использовать системный подход в методологию управления данным предприятием. Доказана возможность повышения эффективности деятельности предприятия с помощью внедрения данного метода в систему управления предприятием.

Abstract. The article considers the issue of increasing the effectiveness of the system of management of water utilities, Municipal unitary enterprise "Production enterprise of water supply and sanitation", Chelyabinsk. It is proposed to use a systematic approach in the methodology of control of this company. Proven ability to increase efficiency of the enterprise by implementing this method in the enterprise management system.

Ключевые слова: водохозяйственное предприятие, системный подход, эффективность управления, водные ресурсы.

Keywords: water management enterprise, system approach, management efficiency, and water resources.

Водные ресурсы Челябинской области в настоящее время находятся в неудовлетворительном состоянии. Для определения причин неудовлетворительного состояния водных ресурсов области потребовалась комплексная оценка водохозяйственного комплекса Челябинской области.

Состояние водохозяйственного комплекса определялось исходя из экспертной оценки и расчета значения интегрального показателя, учитывающего качество питьевой воды, экологическое состояние водных объектов, техническое состояние объектов водоснабжения и водоотведения.

Проведение экспертной оценки предполагало: процедуру формирования группы экспертов, создание комплекса вопросов, обеспечивающих глубину поиска объективной информации, опрос и оценку экспертами состояния водохозяйственный комплекс (далее ВХК), анализ экспертных оценок и определение уровня состояния ВХК [1].

Оценка экспертами состояния ВХК составила 3,7 балла по 10 бальной шкале, что соответствует низкому уровню функционирования ВХК.

Оценка состояния ВХК по критерию составила 3,7 балла по десятибалльной шкале, что соответствует низкому уровню функционирования ВХК.

Интегральный критерий оценки уровня состояния ВХК рассчитан по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n \alpha_i N_i,$$

где N_i — значение оцениваемого параметра, отражающего состояние ВХК;

i — оцениваемые параметры;

n — количество параметров;

α_i — коэффициент значимости оцениваемого параметра.

$N(z_1, z_2)$ — параметр, отражающий качество питьевой воды по микробиологическому показателю и химическому составу;

$N(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8)$ — параметр, отражающий износ оборудования ВХК, %;

$N(d)$ — параметр, отражающий состояние водного объекта, класс;

$N(b)$ — параметр, отражающий состояние гидротехнических сооружений, %;

$N(f)$ — параметр, отражающий состояние водоохраных зон водных объектов.

Экспертная оценка и рассчитанные значения интегрального критерия позволили выделить четыре уровня функционирования ВХК (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры уровней функционирования водохозяйственного комплекса

Уровень функционирования ВХК	Значение интегрального показателя (Кос)	Экспертная оценка (ЭО)	Методы повышения эффективности системы управления ВХК
Высокий	$0 < K_{ос} < 2,5$	$0 < ЭО < 2,5$	Разработка программ, НИР, методик, постановлений и т.д. для освоения новых задач
Средний	$2,5 < K_{ос} < 5,0$	$2,5 < ЭО < 5,0$	Координация функций
Низкий	$5,0 < K_{ос} < 7,5$	$5,0 < ЭО < 7,5$	Изменение структуры и функций
Аварийный	$7,5 < K_{ос} < 10$	$7,5 < ЭО < 10,0$	Создание новой системы управления

Анализ состояния водохозяйственного комплекса и заключение экспертной группы позволили сделать вывод, что одной из основных при-

чин существующих проблем является неэффективное функционирование системы управления (рисунок 1).



Рис. 1 - Причины низкого уровня состояния ВХК (экспертная оценка)

Совершенствование системы управления водохозяйственного комплекса предполагает переход на более высокий уровень функционирования управления всех организаций, входящих в водохозяйственный комплекс Челябинской области.

Муниципальное унитарное предприятие «Производственное объединения водоснабжения и водоотведения» г. Челябинска (далее по тексту МУП ПОВВ) – одно из крупнейших водохозяйственных предприятий Челябинской области.

Исследования проводились методом экспертной оценки. Для этой цели были разработаны анкеты позволяющие давать четкие и однозначные ответы респондента.

Анкетирование проводилось как руководителей так и специалистов основных структурных подразделений МУП ПОВВ с целью выяснения причин неэффективного функционирования конкретных подразделений. Анкеты составлялись на основе положений и инструкций структурных подразделений, в которых изложены возлагаемые функции, права и ответственность за их выполнением.

Анкетирование выявило ряд слабых сторон в функционировании МУП ПОВВ.

Для поиска наиболее оптимального и адаптированного к условиям функционирования МУП

ПОВВ был произведен анализ современной классификации подходов в управлении.

В настоящее время наибольшее распространение получили три основных подхода в управлении: процессный, системный и ситуационный [3].

Процессный подход рассматривает управление как непрерывную серию взаимосвязанных управленческих функций.

Ситуационный подход концентрируется на том, что пригодность различных методов управления определяется ситуацией.

В системном подходе подчеркивается совокупность взаимосвязанных элементов, таких как люди, структура, задачи и технология, которые ориентированы на достижение различных целей в условиях меняющейся внешней среды.

Анализ показал, что наиболее подходящий и применимый к структуре МУП ПОВВ является системный подход.

Важной особенностью системного подхода является то, что не только объект, но и сам процесс исследования выступает как сложная система, задача которой, в частности, состоит в соединении в единое целое различных моделей объекта. Системные объекты, наконец, как правило, не безразличны к процессу их исследования и во многих

случаях могут оказывать существенное воздействие на него.

Применение системного подхода позволяет наилучшим образом организовать процесс принятия решений на всех уровнях в системе управления.

Системный подход в управлении предприятием основан на выполнении следующих принципов: целостности, совместимости элементов целого, функционально-структурного строения целого, развития, лабализации функций, полуфункциональности, итеративности.

Для внедрения системного подхода управления необходимо проанализировать степень подготовленности «проблемных» структурных подразделений [2]. В таблице 2 дана оценка степени выполнения основных принципов системного подхода,

приведен средний коэффициент выполнения принципов системности, указан уровень выполнения принципов системности в соответствии с границами, в пределах которых взаимодействующие структуры работают эффективно, выполняя принципы системности:

- высокий $0,75 < K_{ср} < 1$;
- средний $0,5 < K_{ср} < 0,75$;
- низкий $0,25 < K_{ср} < 0,5$;
- аварийный $0 < K_{ср} < 0,25$.

В соответствии с уровнем выполнения принципов системности необходимо подобрать комплекс мероприятий, совершенствующих эффективность функционирования данных подразделений либо упразднить, в случае невозможности улучшения (таблица 3).

Таблица 2 – Оценка выполнения принципов системности структурными подразделениями

Взаимодействующие структурные подразделения	Среднее значение коэффициента выполнения принципов системности	Уровень выполнения принципов системности
1. Главный инженер\Зам.директор	0,77	высокий
2. Главный инженер\СП Водосбыт	0,63	средний
3. Главный инженер\СП ГВО	0,69	средний
4. Главный инженер\ЦДС	0,47	низкий
5. Зам.директор\СП Водосбыт	0,6	средний
6. Зам.директор\СП ОСВ	0,44	низкий
6. ЦДС\СП ОСВ	0,58	средний
7. Зам.директор\СП ГВО	0,67	средний
8. Зам.директор\ЦДС	0,6	средний
9. ЦДС\СП ОСК	0,72	средний

Таблица 3 – Комплекс мероприятий по совершенствованию функционирования

Уровень выполнения принципов системности	Мероприятия по совершенствованию функционирования
высокий	Целеполагание и адаптация системы к изменению внешних условий и развитие; Мониторинг системы целей, состояния среды и системы; Организация развития ВХК: обеспечение соответствия целей интересам; Корректировка развития на основе программ; Прогнозирование состояния системы по слабым сигналам; Развитие системы управления разработкой программ, НИР, методик.
средний	Поддерживание стабильного состояния системы, Мониторинг состояния системы по стандартам; обеспечение соответствия структуры изменяющимся функциям; Корректировка развития на основе планово-профилактических мероприятий; Выявление факторов, оказывающих влияние на появление ЧС; Пересмотр и перераспределение функций.
Уровень выполнения принципов системности	Мероприятия по совершенствованию функционирования
низкий	Регулирование элементов системы водоохранного комплекса; Мониторинг состояния элементов системы МУП ПОВВ; Обеспечение соответствия норм требованиям стандартов; Корректировка мероприятий по обеспечению повышения качества воды; Выявление ЧС и их ликвидация; Изменение структуры и функций
аварийный	Ликвидация чрезвычайных ситуаций; Мониторинг ликвидационных работ по ЧС; Организация работ по ликвидации ЧС; Корректировка операций по ликвидации ЧС; Выполнение операций и работ по ликвидации ЧС; Создание новой системы управления

В данной научной работе впервые для совершенствования системы управления водохозяйственного предприятия применен метод системно-

го подхода, который позволяет выявить слабые стороны в функционировании организации и подобрать комплекс решений по совершенствованию

системы управления водохозяйственного комплекса, и как следствие, повысить ее эффективность.

Библиографический список

1. Денисов, С.Е. Совершенствование правовых и экономических элементов хозяйствования на водных объектах области \ \ Пятая международная конференция «АКВАТЕРРА-2001»-Санкт-Петербург, 2002. – С.50.
2. Денисов, С.Е. Пути совершенствования системы управления водохозяйственной отраслью области \ \ Пятый

международный конгресс «Вода: экология и технология». – Москва, 2002. – С.550-551.

3. Денисов, С.Е., Горюшкин, Н.В. Анализ функций системы управления водным хозяйством \ \ Материалы научно-практической конференции, посвященной Международному дню воды «Эколого-водохозяйственные проблемы региона Южного Урала», г.Уфа, 2002. – С.54-56 (соавтор Горюшкин Н.В.)

УДК 628.16

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ОБЪЕКТАХ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ MODERN WATER TREATMENT FOR RECREATION COMPLEXES

Чайковский Д.Я., аспирант; Арканова И.А., к.т.н., доцент; Чушников А.А., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье приводятся примеры очистки воды бассейнов и аквапарков с использованием фильтрующих материалов на основе модифицированного стекла. Описаны преимущества загрузок и экономическая эффективность при их использовании.

Abstract. The article gives examples to purification of water for pools and water parks. Use of filter materials based on modified glass. The advantages of filter materials and economic efficiency in their use.

Ключевые слова: водоподготовка; фильтрующие материалы, водоснабжение, модифицированное стекло, AFM, модифицированные загрузки, аквапарки, бассейны.

Keywords: Treatment of water, filter media, water supply, modified glass, AFM, modified filter media, water parks, pools.

Подготовка и очистка воды до необходимых параметров и норм не обходится без использования различных фильтрующих, сорбционных и ионо-обменных материалов.

Исследование процесса фильтрации – есть важная составляющая в обосновании оптимизации технологии очистки воды. Фильтрация является основным технологическим процессом в оборотном водоснабжении бассейнов и в водоподготовке. Неправильная подача и распределение воды по поверхности фильтра, может привести к перекошу фильтрующего материала, что ведёт к неравно-

мерной фильтрации, вымыванию и непрерывному движению загрузки. Неправильная гидравлика фильтра влияет на процесс промывки: материал может перемешиваться, либо плохо взрыхляться. Поэтому установление границ оптимизации процессов фильтрации является важнейшей составляющей при выборе оборудования для подготовки и очистки воды, проектирования систем водоснабжения и водоотведения.

Из практики проектирования общественных бассейнов применяется следующая схема (Рис. 1) водоподготовки для оборотного цикла.

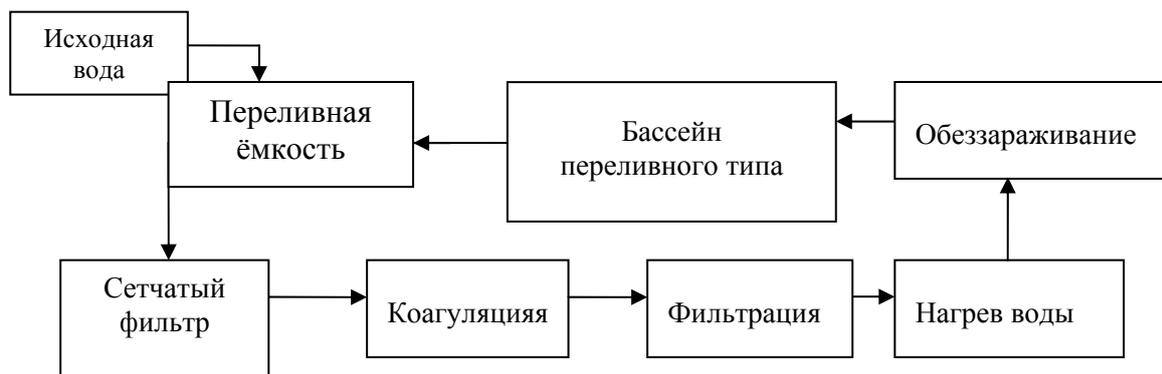


Рис. 1 - Технологическая схема очистки воды в бассейне

Обычно при подготовки воды для бассейнов в фильтрах используют кварцевый песок и гидроантрацит [1]. Эти стандартные загрузки требуют ежегодной досыпки в связи с разрушением и истиранием зёрен данных фильтрующих материалов.

Кварцевый песок и гидроантрацит перед засыпкой в фильтровальную установку необходимо промывать, если этого не сделать, в бассейн может попасть мелкая пыль, которую потом будет сложно устранить.

Песчаные фильтры (Рис. 2) имеют общий принцип действия: грязная вода из бассейна проходит через фильтрующий слой, который задерживает частички грязи. Фильтрующий слой состоит из однородного кристаллического кварцевого песка фракцией до 0,4 мм.

Скорость фильтрации не должна существенно превышать 20 м/ч [2], высота засыпки фильтра 0,5-1,0 м.

Помимо этих всем известных материалов на рынке существует огромное количество различных альтернативных фильтрующих загрузок.

Так за рубежом набирает популярность фильтрующие материалы на основе модифицированного стекла, которые не требуют промывки перед загрузкой в фильтры. Одной из компаний, производящих такой материал является «Драйден Аква» из Шотландии. Они разработали фильтрующий материал "AFM" из стекла вторичной обработки. В качестве исходного материала завод изготовитель использует зелёное стекло. Эта загрузка позволяет удалять взвешенные и грубодисперсные частицы размером до 4,5 мкм. В сравнении, высококачественный песок удаляет частицы размером только до 8 мкм. Химия стекла, форма частиц и особенно процесс активации придают AFM важные свойства, явно превосходящие кварцевый песок. Поверхность частиц имеет отрицательно заряженную поверхность, что позволяет удалять мельчайшие частицы и органические компоненты благодаря улучшенной абсорбции поверхности гранул фильтрующей среды.

В дополнение к отрицательно заряженной поверхности, материал AFM обладает свойствами катализатора.

Аналогичные показатели качества очистки воды показывает и такая фильтрующая загрузка, как EGFM – измельченный стеклянный материал производства компании DMS, полученный методом имплюзии. Такой материал производится в Англии.

Эффективность этих материалов была исследована французским институтом IFTS, который признан одной из ведущих независимых уполномоченных лабораторий в мире по вопросам материалов для фильтрации воды.

Использование таких фильтрующих материалов позволяет уменьшить количество промывных вод, количество фильтрующего материала, а также гарантируется низкий износ материалов.

Преимуществом модифицированных загрузок на основе обработанного стекла по сравнению с песком является сокращение количества фильтров, что позволяет уменьшить занимаемую ими

площадь, а также уменьшить экономические затраты на покупку лишнего оборудования.



Рис. 2 - Схема насыпного фильтра для бассейнов

С учётом использования в качестве фильтрующего материала AFM или EGFM и эксплуатации фильтров на скорости 30 м/ч согласно ГОСТ Р 53491.1-2009 можно добиться повышения производительности оборудования.

Благодаря увеличению скорости фильтрации до 30 м/ч и применению модифицированной загрузки на основе стекла позволяет для бассейна в городе Магнитогорске уменьшить количество фильтров марки NovumEurope 235 с четырех до трёх, что ведёт к уменьшению капитальных затрат, сокращению рабочих площадей и снижению объёмов промывных вод.

Таким образом, применение современных фильтрующих материалов позволяет их рекомендовать для проектирования новых объектов и реконструкции существующих объектов с высвобождением оборудования, которое можно рассматривать, как резерв в технологии подготовки воды в бассейнах и аквапарках.

Библиографический список

1. Бассейны. Подготовка воды. Часть 1. Общие требования: ГОСТ Р 53491.1-2009. – Введ. 01-07-2010. – М.: Стандаринформ, 2010. – 57 с.
2. Проектирование бассейнов. Справочное пособие к СНиП 2.08.02 – 89*. – Введ. 1991-01-01 – М.: Стройиздат, 1991

УДК 628.1

КОМПАКТНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ THE COMPACT INSTALLATION FOR PREPARATION DRINKING WATER

Казанцева А.В., студент, Белканова М.Ю., к.х.н., доцент, Васильев В.И., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В процессе транспортировки хозяйственно-питьевой воды по водопроводной сети происходит её загрязнение продуктами, образующимися на внутренней поверхности трубопровода.

Для исключения загрязнения воды у потребителей предлагается устанавливать локальные сооружения по доочистке воды в квартирах и офисах.

Abstract. In the course of transportation of economic drinking water on a water supply system there is its pollution by the products which are formed on an internal surface of the pipeline. For an exception of pollution of water at customers it is offered to set local constructions on water after purification in apartments and offices.

Ключевые слова. доочистка, питьевая вода, озонирование, фильтрование, загрязнения, очиститель, обеззараживание.

Keywords. after purification, drinking water, ozonization, filtering, pollution, cleaner, disinfecting.

Проблема качества питьевой воды характерна для всех мегаполисов. В современных рыночных условиях необходим новый подход к решению проблем питьевого водоснабжения, учитывающий все факторы и альтернативные варианты. Актуальным с точки зрения ограниченных финансовых возможностей города и экологически обоснованным видится внедрение в широкую практику локальных полупромышленных и бытовых систем доочистки и кондиционирования питьевой воды.

При длительном воздействии на организм человека повышенных (по отношению к нормативам) концентраций неорганических и органических загрязняющих воду химических веществ наблюдается целый ряд патологических явлений. Никем не контролируемые загрязнения питьевой воды ионами тяжелых металлов могут вызвать самые серьезные негативные последствия. Например, железо опасно тем, что провоцирует сердечные заболевания. Кадмий представляет собой элементарный генетический яд, разрушающий структуру ДНК. Повышенные концентрации меди в питьевой воде вызывают поражение слизистых оболочек, печени и почек. Никель поражает кожу. Алюминий парализует центральную нервную и иммунную системы.

При выборе водоочистительных систем следует помнить, что универсальных, способных очищать воду от всего комплекса опасных загрязнений, не существует, можно лишь приблизиться к этому за счёт создания установок, работающих по комплексной технологии, в которой сочетаются различные методы и стадии подготовки питьевой воды. В процессе транспортировки очищенной и прохлорированной воды от станции водоподготовки к водоразборным кранам потребителя качество ее может измениться по многим причинам[1].

Для рассмотрения предлагаю установку озонной очистки воды «АкваМама»[2], разработанную научно-производственной фирмой «Озоновые технологии». Новый подход к реализации технологии озонсорбции позволил снизить расходы на производство и уменьшить размер озонатора. Кроме того, инновация способствовала значительному сокращению времени на эффективную очистку и обеззараживание воды.

На текущий момент очиститель «АкваМама» – конкурентоспособная система очистки воды для квартиры. Помимо того, что она отлично подходит для эксплуатации в домашних условиях, ее с успехом можно использовать и в небольших офисах. В состав озоночистителя входит озонатор и угольный фильтр, предназначенный для тонкой очистки воды. Их сочетание позволяет не только достигать полного обеззараживания воды, но и удалять из нее железо, примеси, неприятные запахи, сохраняя при этом полезную насыщенность минералами. С

очистителем «АкваМама» озонирование воды в домашних условиях становится реальностью.

Очистители «АкваМама» монтируются непосредственно под мойкой, они оснащены дополнительным краном чистой воды (рисунок 1). Предусмотрены модификации с краном и изливом, встроенным в очиститель, что очень удобно для установки в любом месте над столом.



Рис. 1 - Очистители «АкваМама»



Рис. 2 - Очистители «АкваМама»

Очиститель «АкваМама», в качестве системы очистки воды для дома, способен до замены картриджа произвести доочистку водопроводной воды в количестве до 30000 литров, а это обеспечение потребности в обеззараженной питьевой воде семьи из 3-4 человек в течение 5-6 лет. Такие установки можно использовать и в офисе (рисунок 2).

Принцип работы очистителей «АкваМама» прост: В озонаторе происходит выработка озона, который посредством работы инжектора насыщает воду в очистителе.

При помощи вакуумного реле обеспечивается автоматическая работа озонатора, штатный режим рассчитан на 1,5-3 литра в минуту. Это с учетом того, что в подводящей магистрали давление должно быть не менее 2 атм. Бытовые системы очистки воды запрограммированы на отключение

работы озонаторов в случае снижения давления воды ниже 1,0 атм. О чем устройство подаст звуковой сигнал и не последует световой индикации «Озон». Это предусмотрено, поскольку работа при подаче воды с низким давлением не позволяет качественно ее очищать. Если в режиме работы очистителя расход воды снижается до отметки ниже 0,5 литра в минуту, реле автоматически отключает работу озонатора и индикатор «Озон» гаснет. К моменту выработки ресурса угольных фильтров

загорается лампа «Ресурс», сопровождаемая звуковой индикацией.

Характеристики установки приведены в таблице 1.

Таким образом, использование описанной конструкции аппарата для приготовления доброкачественной питьевой воды из городского водопровода, является вариантом решения проблемы снабжения населения питьевой водой, соответствующей нормам [3].

Таблица 1 - Характеристики установки

Фильтры	
Максимальная производительность	0,18 м ³ /час (3 л/мин)
Содержание озона в воде	1,0-1,5 г/м ³
Остаточная концентрация озона в воде, не более	0,1-0,3 мг/л
Входное давление воды	2-6 атм.
Температура очищаемой воды, не выше	30оС
Ресурс Очистителя до	30000 л (30 м ³)
Напряжение и частота питания	220±10 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, не более	7 Вт
Габаритные размеры, мм	440x350x130
Масса, кг	4,5 кг
Минимальный срок использования без замены фильтра	5 лет
Гарантия	12 мес.
Стоимость установки (в зависимости от марки варьируется)	13 ÷ 470 тыс. руб.

Библиографический список

1. Журба, М.Г. бытовые и локальные системы подготовки питьевой воды: выбор, надежность, специфика эксплуатации / М.Г. Журба, Ж.М. Говорова, О.Б. Говорова // Водоснабжение и канализация. – 2010. – Вып.1-2/2010. – С. 68-75.

2. <http://www.aquamama.ru/product/11>

3. СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества

УДК 628.1

УТИЛИЗАЦИЯ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ДЛЯ КОММУНАЛЬНЫХ НУЖД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МИКРОРАЙОНА DISPOSAL OF DRAINAGE WATER FOR MUNICIPAL PURPOSES DURING THE CONSTRUCTION OF THE NEIGHBORHOOD

Казанцева А.В., студент; Васильев В.И., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Отвод воды — отвод почвенных, атмосферных и осадочных вод с участка. Требуется организация системы отвода атмосферных осадков и дренажной системы, системы колодцев. Эти воды после дополнительной очистки используют как непитьевую и для орошения.

Abstract. Drainage - the removal of soil, atmospheric water and sediment from the land requires drainage system are precipitation and drainage systems, wells. These additional water after purification is used as non-potable and for irrigation.

Ключевые слова: подтопления, дренажные воды, несущая способность, уровень грунтовых вод, водопонижение, шахтная канализационная насосная станция, использование на нужды населения, утилизация.

Keywords: flooding, drainage water, bearing capacity, the level of groundwater, dewatering, mine sewage pumping station, use to the needs of the population, utilization.

Актуальной на сегодняшний день считается проблема повышения уровня грунтовых вод, что приводит к подтоплениям. Последствия такого явления – снижение несущей способности грунтовых

оснований, загрязнение поверхностных и подземных вод, используемых для бытовых нужд населения. Это затрудняет и удорожает строительство и нарушает нормальную эксплуатацию промышлен-

ных предприятий и жизнедеятельность населенных мест, а в отдельных случаях приводит даже к возникновению серьезных аварийных ситуаций.

В процессе строительства происходит обводнение неспланированных территорий от дождевых и талых вод, которые скапливаются в пониженных местах рельефа, в котлованах, траншеях и других выемках, а так же от утечки воды из временных сетей водоснабжения, канализации и водостока.

При эксплуатации предприятий происходит концентрация влаги под зданиями и покрытиями дорог и площадок в результате уменьшения испарения и ускорения процесса конденсации влаги, изменения температурного режима грунтов основания, инфильтрация производственных вод из-за неисправности сетей, технологических установок, аппаратов и др.

При высоком стоянии грунтовых вод целесообразно устраивать искусственное водопонижение с помощью дренажа. Дренаж подземных вод может выполняться различными методами – путем устройства:

- Водозаборной скважины;
- Горизонтального дренажа;
- Шахтного колодца с насосом.

Самый простой и, казалось бы, дешевый метод – устройство водозаборной скважины с откачкой из неё воды. Для этого нужно пробурить в грунте отверстие необходимой глубины и необходимого диаметра, опустить в него обсадную трубу с фильтровым звеном, опустить в неё погружной насос и откачивать воду для различных нужд, или сбрасывать в канализацию. Однако такой метод не всегда может применяться без дальнейших затрат на бесперебойную работу. Всё будет зависеть от литологического состава водовмещающих пород. Чаще всего в суглинистых и супесчаных породах происходит коагуляция (глинизация) фильтра с образованием на нём корки толщиной 1-2мм, а проницаемость её в 1000-10000 раз меньше проницаемости префильтровой зоны пласта. Это явление сопровождается снижением дебита скважины. Практически через каждые 3-5 лет непрерывной работы скважины её необходимо отключать для восстановления её производительности. По этим вопросам издана многочисленная литература, например [1, 2].

В более выгодном отношении находится метод устройства горизонтальных дренажей. Для этого вокруг постройки или сооружения роется траншея глубиной 4-6 метров, укладывается в неё перфорированная сверху трубы с уклоном к водосборному колодцу. Сверху они засыпаются слоями щебня, гравия, дресвы, крупнозернистого и обычного песка и вынутым из траншеи грунтом. По длине такого дренажа устанавливаются вентиляционно-смотровые колодцы, в водосборный колодец опускается насос со шлаком, и вода откачивается и используется по назначению. Такой метод описан в книге Г.А. Разумова [3] и широко используется в практике водоснабжения населенных мест.

Третий метод из выше упомянутых предложен уже для реализации в некоторых проектах при проектировании застраиваемых территорий и на промышленных площадках. Он основан на использовании комплектных канализационных насосных

станций (КНС) разной производительности, изготовленных с использованием современных материалов и оборудовании. Эти станции, как правило, необходимы при строительстве любых новых зданий от небоскреба до кафе, АЗС или частного дома (если последние удалены от системы канализации). Они предназначены для перекачки дренажных и ливневых вод, хозяйственно-бытовых и промышленных стоков. Готовые типовые решения и широкий типоразмерный ряд позволяют экономить время при проектировании, упростить монтаж. Шахтные КНС используются в напорных и безнапорных канализационных системах [4, 5].

Станции поставляются в комплекте с трубной обвязкой, арматурой, насосами и прибором управления. В зависимости от производительности насосные станции комплектуются одним, двумя или тремя погружными насосами. Насосы монтируются с помощью устройств погружного монтажа с фланцевыми коленами и трубными направляющими, что позволяет производить монтаж и демонтаж (для осмотра и ремонта) без спуска персонала в резервуар НС.

Работа шахтной КНС происходит в автоматическом режиме, без постоянного обслуживания. Рабочие процессы насосов автоматизированы по уровням воды в резервуаре насосной станции. Сигналы датчиков уровня об уровне стоков передаются на прибор управления, который монтируется в непосредственной близости от насосной станции и отвечает за включение и выключение одного, двух или трёх насосов. Такие станции могут иметь производительность от 2 до 800 м³/ч и напор до 100 м.

Станция может быть установлена в земле около здания, что позволяет сократить затраты на монтажные работы. Станции различаются материалом корпуса. Они поставляются из синтетического материала (WS), нержавеющей стали (WSS), бетона (WB). Наиболее привлекательны по стоимости станции типа WS. Корпус такой станции изготавливается из толстостенной полиэтиленовой либо стеклопластиковой трубы. Этот материал обладает стойкостью к воздействию кислот, щелочей и растворителей. ООО «WiloRus» (рисунок 1), например, поставляет такие станции различного диаметра – 600, 900, 1100, 1500 и 1800 мм. Глубина резервуара может быть различной – от 1 до 10 м.

Если использовать эти КНС для дренажа подземных вод и водопонижения на застроенной территории, то они нуждаются в небольшой модернизации. Перед установкой КНС на месте в котлован необходимо:

- Удалить патрубок ввода сточных вод в резервуар и закрыть (заварить) образовавшееся отверстие;
- Корзину для мусора;
- Гидравлические направляющие поступающего потока;
- Поставить всё остальное оборудование: нержавеющую напорную трубу, фланцевое колено с лапой, цепь, установленные обратный клапан и запорную арматуру на напорном трубопроводе, направляющую трубу или трос, стационарную лестницу, площадку обслуживания, прибор управления, устройство крепления датчика уровня типа поплавкового выключателя;

• Цилиндрический корпус насосной до 2/3 высоты снизу необходимо снабдить перфорацией, то

есть прорезать щели размером 10x40 мм для возможности поступления воды извне в резервуар.

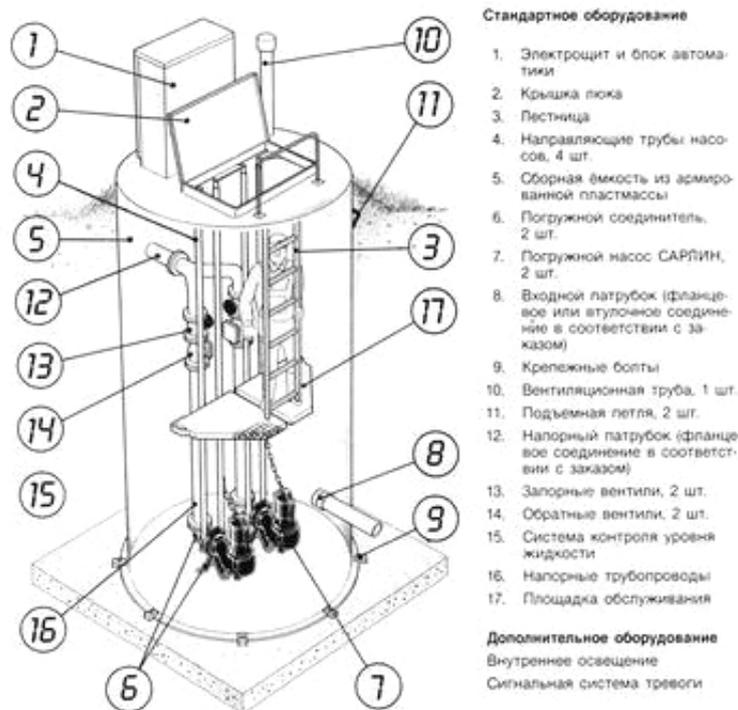


Рис. 1 – Стандартное оборудование

Затем после установки корпуса насосной на место в котловане в образовавшейся пазухе на $\frac{3}{4}$ высоты корпуса вокруг него необходимо отсыпать обратный фильтр для возможности поступления в корпус чистой воды: слоями из щебня, дресвы, крупнозернистого и обычного песка. После монтажа всего оборудования можно включить в работу насосную станции и использовать воду по назначению.

В конце этого сообщения можно привести примеры утилизации дренажной воды с помощью модернизированной насосной станции.

Так в 2011 году был разработан проект водопонижения площадки Челябинского электровозремонтного завода (ЧЭРЗ) путем устройства дренажа, выполненного методом горизонтально направленного бурения. Здесь собранные в водосборном колодце грунтовые воды очищаются на компактной водоочистной установке и подаются для подпитки 18 оборотных систем водоснабжения этого завода. Стоимость строительно-монтажных работ составляет 6 млн. руб. срок окупаемости – 5,2 года [6, 7].

В другом проекте [8] дренажные воды и поверхностный сток с территории торгово-развлекательного комплекса после очистки предусмотрено использовать для наружного пожаротушения и полива проездов и зеленых насаждения. Излишки воды после соответствующей1 очистки сбрасываются в р. Миасс.

По проекту [9] в качестве водоисточника системы хозяйственно-питьевого, централизованного горячего, деминерализованного и противопожарного водоснабжения кардиохирургического центра г.

Перми предполагается использовать городской водопровод. Расчетный расход воды на эти нужды составляет около 150 м³/ч. Вода должна подаваться по двум водоводам диаметром 250-300 мм на расстоянии 17,5 км от городского водопровода.

Поскольку кроме кардиологического центра рядом с площадкой строительства находится крайовой перинатальный центр, а также предполагается строительство областного онкологического центра, решено рассмотреть вариант водоснабжения всех медицинских центров из одного водоисточника.

С целью сокращения капитальных вложений и эксплуатационных затрат было предложено использовать подземные воды вблизи площадки кардиоцентра, так как последний располагается в пойме реки Камы и гидрогеологические условия (пласт песчано-гравийной смеси мощностью 9-11м) позволяют получать необходимый расход воды. Кроме того, местность возле центра лесистая и незастроенная, незаселенная, что позволит организовать надежную санитарно-защитную зону охраны водоисточника.

Таким образом, в рассмотренных проектах предлагается хозяйственно-питьевую воду эффективно экономить за счет широкого использования подземных вод на производственные, противопожарные нужды и на орошение зеленых насаждений и проездов.

Библиографический список

1. Романенко В.А., Вольницкая Э.М. Восстановление производительности водозаборных скважин – Л.: Недра, 1986 – 112с.

2. Алексеев В.С., Гребенников В.Т. восстановление дебита водозаборных скважин – М.: Агропромиздат, 1987 – 239с.
3. Разумов Г.А. Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей – М.: Стройиздат, 1988 – 240с.
4. Крашенников С.В. Шахтные канализационные насосные станции «под ключ» WiloDrainLiftWS, WB, WSS // Жилищно-коммунальное хозяйство, 2008, №3, с. 70-72.
5. Кривошеин И. Колодцы: полиэтилен вместе бетона // Полимерные трубы, 2009, №4, с. 55-56.
6. Васильев В.И. Водопонижение площадки завода современным методом / В.И. Васильев, Т.А. Вилкова // Вопросы планировки и застройки городов. Материалы XVIII международной научно-технической конференции 26-27 мая, 2011г, г. Пенза, с. 192-196.
7. Васильев В.И. Вилкова Т.А. Водопонижение территории завода / В.И. Васильев, Т.А. // Материалы II международной научно-технической конференции, 2011г, г. Уфа, с. 26-28
8. Васильев В.И. Проект очистки и использования дренажных вод и поверхностного стока с территории ТРК «Родник» / Н.Е. Кутузова, В.И. Васильев // Вестник УГТУ-УПИ Серия «Строительство и образование» - Екатеринбург, вып. 13, 2012 г., с. 169-171.
9. Васильев В.И. О выборе типа водозабора для водоснабжения кардиоцентра в г. Пермь / В.И. Васильев, К.И. Чучелов // Материалы III международной научно-технической конференции, 2012г, г. Уфа, с. 162.

УДК 696.13

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЗАГОРОДНОГО ПОСЕЛКА APPLICATION OF MODERN BIOLOGICAL SEWERAGE TREATMENT OF THE COUNTRY SETTLEMENT

Маленьких Н.О. студент, Сперанский В.С. доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. Увеличение строительства загородных поселков обостряет проблему очистки образующихся сточных вод. Применение SBR технологии со снижением содержания биогенных веществ является решением этой проблемы.

Abstract. The increase in the construction of suburban settlements escalates the problem of sewage treatment. Application of SBR technology with reduced levels of biogenic substances is the solution of this problem.

Ключевые слова: биологическая очистка, реактор прерывистого действия (SBR), нитрификация, денитрификация.

Keywords: bioscrubbing, sequencing batch reactor (SBR), nitrification, denitrification.

Озеро Увильды, расположенное в 80 км северо-западнее Челябинска, издавна славилось чистой водой, обилием рыбы и раков. В годы Советской власти многие предприятия города и области построили на берегах озера базы отдыха, выросли посёлки индивидуальной застройки. Санаторий «Увильды», дом отдыха «Красный камень» известны далеко за пределами области.

Спартанская обстановка первых лет освоения побережья озера с «удобствами во дворе» постепенно заменялась благоустроенными корпусами. Возникла проблема отведения и очистки сточных вод. Интенсивное строительство сетей водоотведения и очистных сооружений велось во второй половине XX века. Широко использовались выпускавшиеся в те годы компактные установки заводского изготовления типа КУ. На групповых сооружениях применялись двухъярусные отстойники, аэротенки, есть опыт эксплуатации сооружений с физико-химической очисткой. Удаление биогенных веществ общепринятыми в те годы технологиями не предусматривалось.

Первоначально к пуско-наладочным работам на очистных сооружениях и обучению персонала привлекались преподаватели и научные сотрудники кафедры «Водоснабжение и канализация» Челябинского политехнического института. Впослед-

ствии эти работы стали выполнять организованные в Челябинске выпускниками кафедры специализированные пуско-наладочные организации. Большую помощь в лабораторном контроле оказывали работники Челябинских очистных сооружений канализации.

На сегодняшний день практически вся береговая линия озера застроена, проводятся реконструкция и расширение существующих объектов. Так Челябинским ЗАО "Наука и маркетинг в строительстве" разработан проект новой застройки в посёлке Красный камень. В существующем посёлке имеются сети водоснабжения и водоотведения, а также работающие сооружения полной биологической очистки сточных вод в аэротенках. В связи с застройкой новой территории необходимо либо увеличить производительность уже существующих очистных сооружений, либо построить отдельные сооружения для нового района поселка Красный камень. Последний вариант предложен кафедре ВиВ ЮУрГУ в качестве темы дипломного проекта. Намечено запроектировать самотечные и напорные сети бытовой канализации с очисткой сточных вод на новых локальных очистных сооружениях и сбросом их в близлежащее болото, гидравлически не связанное с озером Увильды.

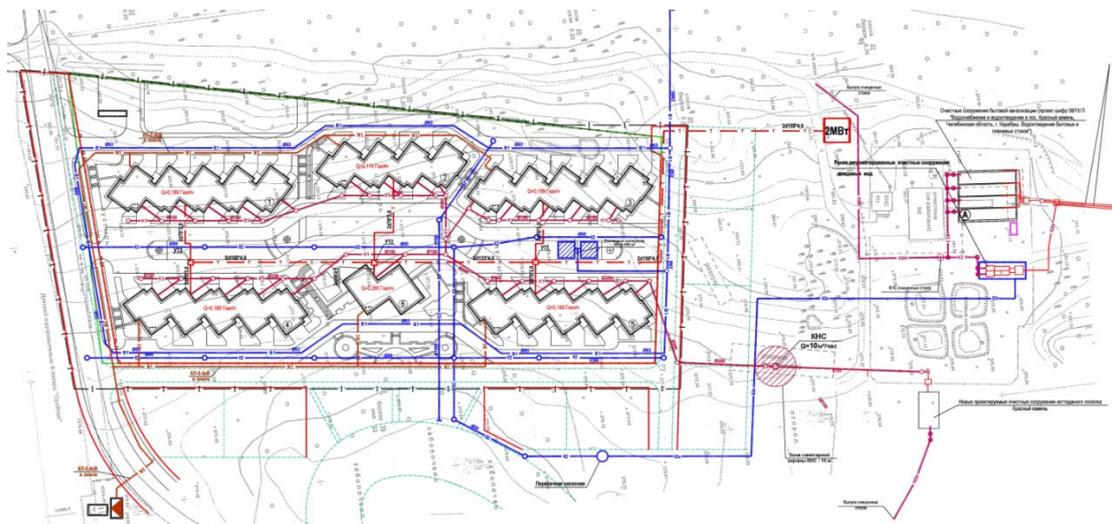


Рис. 1- План участка

В ходе производственной практики собраны необходимые исходные данные. В соответствии с действующей нормативной литературой [1,2] для проектируемого объекта приняты самотечные канализационные сети диаметром 150 мм, общей длиной 335 м; диаметром 200 мм длиной 150 м; комплектная насосная станция производительностью 10 м³/час и напорный коллектор до очистных сооружений канализации в две нитки диаметром по 100 мм длиной 170м.

Для очистки сточных вод предлагается современная технология с прерывистой аэрацией в SBR (Sequencing Batch Reactor). Одним из крупнейших производителей локальных очистных сооружений, в том числе с SBR технологией, является чешская компания «ТОPOL WATER» [3,4]. Полная автоматизация процесса позволяет существенно снизить затраты на обслуживающий персонал.

Из имеющегося ряда продукции фирмы принят Monoblok-T предназначенный для очистки коммунальных стоков с числом условных пользователей от 300 до 500 человек. Система Monoblok-T гарантирует высокое качество воды на выходе с глубоким удалением соединений азота в ходе биологической нитри- денитрификации и частичным биологическим удалением соединений фосфора.

Станция Моноблок-Т состоит из одного накопительного резервуара для поступающих сточных вод, реактора с прерывистой аэрацией (SBR) и илонакопителя. Все ёмкости прямоугольные в плане, выполняются из железобетона, пластмассы, стали и объединены в один строительный объект. Резервуары могут быть открытыми или полностью закрытыми с самостоятельной вентиляцией, в зависимости от конкретных условий. Работой станции управляет компьютер, оптимизирующий её деятельность в зависимости от качества и количества сточных вод. Его можно подключить к телефонной или сотовой связи для оперативного получения информации о состоянии сооружений и дистанционного регулирования эксплуатационных параметров работы.

Технологический процесс очистки бытовых сточных вод станцией Monoblok-T разделен на ряд

этапов. Сначала сточные воды поступают в накопительный резервуар, где происходит их грубая предварительная очистка от механических загрязнений. Накопительный резервуар может также выполнять функцию первой активационной ступени. Для очистки сточных вод с числом условных пользователей менее 300 в накопительный резервуар можно направлять избыточный ил с основной стадии активации. Для более крупных систем обычно используется отдельный аэрируемый накопитель ила. Из накопительного резервуара предварительно очищенная вода дозируется в реактор (SBR). После заполнения реактора до заранее установленного уровня, компьютер отключает насос, закачивающий воду из накопительной ёмкости, и наступает фаза аэрирования. При этом одновременно происходит аэрация накопительного резервуара, благодаря чему очищенная вода проходит не только грубую очистку, но и предварительную биологическую. После прекращения процесса аэрации наступает фаза покоя и осаждения ила. Потом очищенная вода откачивается насосом до предварительно установленного минимального уровня. Тем самым даётся команда к началу очередного заполнения реактора, после чего цикл очистки повторяется.

Денитрификацию можно обеспечить следующими тремя способами или их комбинацией:

1. По окончании фазы активации возможно провести фазу постденитрификации с одновременным перемешиванием, а также добавлением субстрата из накопительного резервуара;
2. Основная часть очищенной воды остаётся в реакторе (не откачивается на сброс), и денитрификация происходит в фазе наполнения в сочетании с перемешиванием;
3. Очищенная вода вместе с избыточным илом откачивается в накопительный резервуар, а в фазе наполнения перекачивается обратно в реактор.

Наибольшая глубина процесса нитрификации достигается при комбинации всех трёх способов.

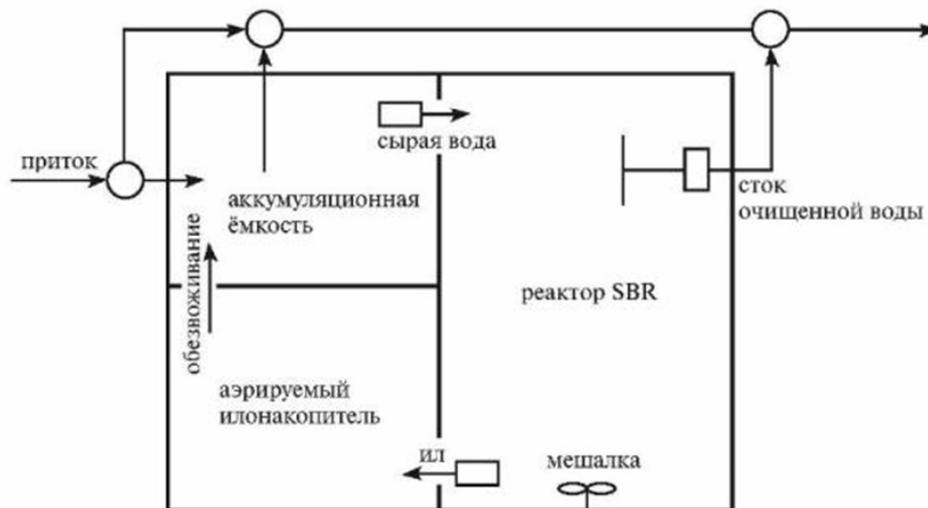


Рис. 2 - Технологическая схема очистки станцией Моноблок-Т

Установки «ТОPOL WATER» обычно комплектуются воздуходувками чешской компании ООО «КУБИЧЕК ВХС», характеризующимися компактной конструкцией, высокой прочностью, надежностью в работе, невысокими требованиями к техобслуживанию, длительным сроком службы. В качестве аэраторов рекомендуются мембраны производства той же фирмы из полиуретанового эластомера, длительно и устойчиво работающего в бытовых сточных водах. Длина отдельных аэрационных плетей может достигать 30 метров без существенного влияния на образование однородных пузырьков по всей его длине.

На финальной стадии очистки сточных вод предлагается обеззараживание при помощи ультрафиолетового облучения.

Таким образом для канализования нового района поселка Красный камень запроектированы самотечные и напорные сети бытовой канализации, комплектная насосная станция и очистка сточных вод на модульных очистных сооружениях с SBR технологией и УФ обеззараживанием.

Библиографический список

1. СНиП 2.04-01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий.
2. СНиП 2.04.03-85* Канализация. Наружные сети и сооружения.
3. <http://www.topolwater.com/ru/>
4. <http://www.pielkenrood.net/>

УДК 550.424.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В КРАСНОАРМЕЙСКОМ РАЙОНЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ THE CHARACTERISTIC OF THE UNDERGROUND SOURCES USED AS DRINKING WATER SUPPLY IN KRASNOARMEISKY DISTRICT OF CHELYABINSK REGION

Парышева М.А., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. Ресурсы подземных вод района позволяют обеспечить водоснабжение небольших потребителей, в частности объекты сельского хозяйства. Скважины в большинстве населенных пунктов располагаются в непосредственной близости от водопотребителей, поэтому во избежание загрязнения подземных вод они должны быть затампонированы.

Abstract. Resources of underground waters of the area allow to provide water supply of small consumers, in particular objects of agriculture. Wells in the majority of settlements settle down in close proximity to water consumers that creates difficulties for the organization of zones of sanitary protection therefore in order to avoid pollution of underground waters they have to be plugged.

Ключевые слова: подземные воды, водоснабжение небольших потребителей, отсутствие альтернативных водисточников, скважины

Keywords: underground waters, water supply of small consumers, lack of alternative water sources, wells.

Красноармейский муниципальный район, расположенный в восточной части Челябинской области, находится почти целиком в пределах За-

падно-Сибирского сложного артезианского бассейна. Напорные и безнапорные подземные воды здесь приурочены к палеозойским и мезо-

кайнозойским отложениям. Основные водоносные комплексы, используемые в народном хозяйстве, это меловой (пластово-поровые воды), палеогеновый (трещинные воды) и палеозойский (трещинно-карстовые воды). Наличие регионального водоупора (глины чеганской свиты) увеличивают защищенность подземных вод, приуроченных к нижне-эоценовым и верхнемеловым отложениям, но в связи с затрудненным водообменом приводит к увеличению минерализации последних. К четвертичным и олигоценным отложениям приурочены подземные воды удовлетворительного качества, но они практически не защищены от техногенного воздействия. Подземные воды триас-юрских отложений не могут быть использованы для водоснабжения из-за их повышенной минерализации. Но здесь имеются перспективы для поиска минеральных вод [1,2].

В целом регион характеризуется низкими величинами модулей естественных и прогнозных эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод, в связи с чем наличие здесь значительных запасов подземных вод не прогнозируется.

В Красноармейском муниципальном районе существует проблема качества воды, т.к. имеются большие запасы подземных вод с повышенной минерализацией и с содержанием железа более 1 мг/л.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод оценены в 89,5 тыс. м³/сут., из них с минерализацией менее 1 г/л – 79,5 тыс. м³/сут. Модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод составляет 0,24 л/сек*км², что позволяет отнести район в целом к недостаточно обеспеченным пресными подземными водами с точки зрения организации централизованного водоснабжения для крупных населенных пунктов [1,3].

Ресурсы подземных вод района позволяют обеспечить водоснабжение небольших потребителей, в частности объекты сельского хозяйства. Так, в работе по составлению карты гидрогеологического районирования Челябинской области по оценке условий сельскохозяйственного водоснабжения сделан вывод о хорошей водообеспеченности района для этих целей (на 490%), что связано с низкими объемами перспективного потребления.

В настоящее время на территории района разведаны и учтены балансом запасов подземных вод 10 месторождений (участков) с суммарными запасами 35, 68 тыс. м³/сут., что составляет около 45% от прогнозных эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод района.

Из них разведаны по категориям А+В+С₁ 16,58 тыс. м³/сут. Как показало обследование, хозяйственно-питьевое и производственно-техническое водоснабжение населенных пунктов осуществляется, главным образом, за счет каптажа подземных вод водозаборными скважинами и шахтными колодцами;

Скважины капают подземные воды зон трещиноватости вулканогенно-осадочных, метаморфических и интрузивных пород палеозоя. Глубины скважин варьируются от 40 до 120 м, преобладают скважины глубиной 60-80 м. Рабочие диаметры - 6" (168 мм), в единичных случаях - 8" (219 мм). Скважины оборудованы электропогружными

насосами типа ЭЦВ производительностью 6-20 м³/час. Создание водозаборов осуществлялось в основном с 1954-1955 г.г. по 1991 г. Физический и моральный износ водозаборов и водозаборных сетей привел к снижению их производительности и дефициту в воде, предназначенной для хозяйственно-питьевых нужд населения [1,4,5].

В районе для водоснабжения населенных пунктов пробурено 497 скважин. Причем бурение скважин производилось преимущественно до 1991 г. Из 497 пробуренных скважин в настоящее время 98 - эксплуатируются, 81 – законсервированы или зарезервированы, 142 - заброшены и 176 - ликвидированы. Учитывая, что по «Нормам амортизационных отчислений народного хозяйства» полный износ основных фондов составляет по скважинам 25 лет, то следует считать, что у большинства скважин истекает или истек срок амортизации.

Скважины в большинстве населенных пунктов располагаются в непосредственной близости от водопотребителей, что создает трудности для организации зон санитарной охраны II-III поясов и выполнения в них защитных мероприятий. Поэтому во избежание загрязнения подземных вод они должны быть затампонированы [1,6,7].

Частые сбои в подаче воды, отсутствие альтернативных водоисточников, определяют создание в ряде населенных пунктов новых водозаборных узлов на выделенных перспективных участках.

Очень важные подземные источники водоснабжения - межпластовые безнапорные, а также напорные воды. Отличием межпластовых вод от других видов является очень глубокое залегание, которое препятствует питанию этих вод поверхностными водами. Артезианская вода (межпластовая напорная) залегает под несколькими водоупорными слоями и изливается на поверхность во время возникновения избыточного гидростатического давления. Артезианские водоносные слои (еще их называют горизонтами или пластами) из глубины своего залегания изливаются на поверхность, где питаются осадками из атмосферы. Если вода из вышележащего горизонта (грунтовых вод) попадет в артезианские воды, то качество артезианской воды ухудшится. Загрязнение так же может произойти от промоины в ложе русла, сквозь заброшенные колодца и скважины, при разработке карьеров и так далее.

Исходным материалом для образования и накопления железа в природных водах являются водовмещающие породы и породы, с которыми вода контактирует в процессе своей миграции. К их числу относятся песчано-гравийные и глинистые материалы, содержащие большое количество железистых соединений. Железо в природных водах может находиться в виде двух- и трехвалентных ионов, коллоидов органического и неорганического происхождения, комплексных соединений с гуматами и фульвокислотами, а также в виде тонкодисперсной взвеси. В природных водах значение pH обычно колеблется в пределах 6,2-7,5, поэтому в них не может содержаться трехвалентное железо, но может присутствовать (например, в подземных водах при отсутствии растворенного в воде кисло-

рода и других окислителей) двухвалентное железо в виде ионов или в составе солей. [8].

Преобладающей формой существования железа в подземных водах является гидрокарбонат двухвалентного железа, который устойчив только при наличии больших количеств уголекислоты и отсутствии растворенного кислорода. При уменьшении концентрации уголекислоты, т.е. при повышении рН и появлении в воде растворенного кислорода или других окислителей, происходит процесс гидролиза, и железо переходит в малорастворимый гидроксид двухвалентного железа. Процесс окисления двухвалентного железа в трехвалентное в естественных условиях протекает при участии микроорганизмов – железобактерий, которые используют энергию, выделяемую при окислении железа. Образующийся при окислении гидроксид железа мало растворим в воде. Железо может быть переведено из этого комплекса в осадок двумя путями: естественным – при участии бактерий, разрушающих органическое вещество, и искусственным – с помощью сильных окислителей, уничтожающих защитные коллоиды, либо под действием коагулянтов, например, золь кремниевой кислоты [8].

Таким образом, снабжение населения Красноармейского района Челябинской области качественной

питьевой водой не перестает быть актуальным вопросом развития данного муниципального образования.

Библиографический список

1. Проект схемы территориального планирования Красноармейского муниципального района / разработан институтом РосНИПИ Урбанистики. – 2010. – 368 с.
2. Водный кодекс Российской Федерации (№74-ФЗ от 03.06.2006);
3. Проект приказа Министерства регионального развития Российской Федерации «О внесении изменений в СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»
4. СНиП 2.07.01-89* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»;
5. СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления»;
6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»;
7. СанПиН 2.1.4.1110-02 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения»;
8. Алексеев, Л.С. Контроль качества воды: учебник / Л.С. Алексеев. – Москва: изд-во Инфра-М, 2009. – 159 с.

УДК 556

ОЦЕНКА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГТС (НА ПРИМЕРЕ ГИДРОУЗЛА НА РЕКЕ МИАСС)

EVALUATION OF CHANGES IN CONSTRUCTION HYDROECOLOGICALLY GTS (FOR EXAMPLE WATERWORKS ON THE RIVER MIASS)

Рассказова Н.С., профессор; Русин Д.Н., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье выполнена оценка гидроэкологических изменений в результате строительства ГТС (на примере гидроузла на реке Миасс). При решении этой задачи предварительно проведена проверка рядов гидрологических наблюдений на однородность, произведен расчет экологического стока для рек Челябинской области.

Abstract. The paper estimated hydro changes resulting from the construction of hydraulic structures (for example, waterworks on the river Miass). To solve this problem previously audited series of hydrological observations on uniformity, calculated the environmental flows for rivers Chelyabinsk region.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, экологический сток, окружающая среда, устойчивость речной экосистемы, кривые обеспеченности расходов воды, кривые обеспеченности экологического стока, интегральные кривые стока.

Keywords: ecological flow, the environment, sustainability of river ecosystems, curves security costs of water, environmental flow curves security, integral curves of the river flow.

Оценка гидроэкологических изменений в результате строительства Шершневого водохранилища на реке Миасс, в данной работе, проводилась с использованием методических указаний по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду (РД 153-34.2-02.409-2003)[1].

Для определения экологического стока взят репрезентативный период с 1931 по 1991гг., обоснование выбора которого приведено в [2]. В исследуемом периоде выделены два этапа антропогенного воздействия на р. Миасс, отличающиеся различной интенсивностью и характеризующие изменение режима речного стока в результате гидротехнического строительства: 1931-1969гг. - период

от начала гидрометрических наблюдений до ввода в эксплуатацию Шершневого водохранилища, названный условно-естественным периодом; 1969-1991гг. – период функционирования гидроузла, названный периодом измененного речного стока.

Для оценки произошедших количественных изменений речного стока и их влияния на устойчивость речной экосистемы в качестве экологического критерия, учитывающего взаимосвязь элементов гидрологического режима и биоценозов поймы русла, использован экологический сток.

Для расчета экологического стока используются ряды гидрологических наблюдений за расходами воды (Q) за многолетний период (T), которые

подвергаются статистической обработке. Ее проведение предполагает однородность исходных величин и их случайный характер. Если степень случайности определяется естественными причинами, то нарушение однородности значений временных рядов зависит в основном от искусственных факторов. Поэтому в условиях активного антропогенного воздействия на водный режим, необходим анализ однородности исходной гидрологической информации.

Имеющиеся ряды наблюдений были восстановлены и проверены на однородность с помощью программы «Природа», методом множественной регрессии [1].

После анализа однородности были построены кривые обеспеченности среднегодовых расходов воды (м³/с) по исследуемым постам (р. Миасс – Сосновское, р. Миасс – Н.Андреевское, р. Миасс –

Костыли.), значения обеспеченности для которых рассчитывалось по формуле:

$$p = \frac{m}{n+1} * 100\%, \quad (1)$$

где, p – вероятность превышения величины стока в процентах;

m – порядковый номер величины среднегодового расхода воды в ранжированном по убыванию ряду;

n – общее количество членов убывающего ряда расхода воды.

Далее были построены две кривые внутригодового распределения стока (рис.1и 2): естественный (до строительства гидроузлов); экологический (согласно вышеприведенному методу от естественного); измененный (после строительства водохранилища).



Рис. 1 –Речной сток до строительства ГТС.

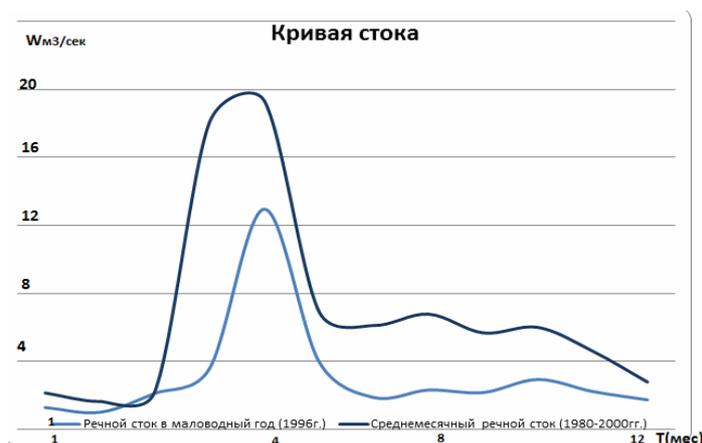


Рис. 2 – Речной сток после строительства ГТС

Расчет стока и построение «кривых стока» проводились на основе вычисления ординат интегральных кривых стока маловодных лет заданной обеспеченности до строительства и после строительства ГТС.

(по оси абсцисс – время в месяцах, по оси ординат – объем стока по месяцам).

По полученным кривым определены среднемесячные значения естественного, экологического и измененного стока р. Миасс в диапазоне варьирования 25-95 % обеспеченности (рис.3).

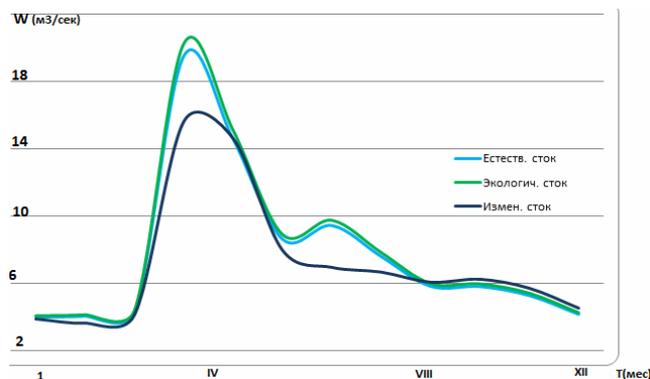


Рис. 3 – Гидрографы речного стока (естественного, экологического и измененного)

Алгоритм расчета экологического стока при наличии длительных рядов наблюдений сводился к следующей последовательности операций:

- формирование матрицы среднемесячных расходов воды и расчет среднегодовых расходов воды;
- определение расчетных значений естественного годового стока различной обеспеченности;
- принятие следующих значений годового стока: 99% естественного как 95% экологического; 75% естественного стока как 50% экологического; 50% естественного стока как 25% экологического и т.д. (по установленным на основе массового машинного эксперимента соотношения обеспеченности естественного и экологического стока) [3];
- относительное (в долях от единицы) расчетное внутригодовое распределение экологического стока принято равным распределению естественного стока той же смежной обеспеченности (99%-95%, 95%-85% и т.д.).

Анализ полученных данных показывает, что Шершнеvский гидроузел в весенний паводок сдерживает большие массы воды, а в межень, наоборот, увеличивает их, тем самым, выравнивая кривую внутригодового стока. Однако, измененный сток лежит выше пределов экологического только в

годы 25% и 50% обеспеченности, в то время как в годы с вероятной водностью (75% и 95%) экологический сток не обеспечивается. Ниже по течению Миасса его влияние уменьшается, но в районе г. Челябинска сохраняется необеспеченность экологического стока в годы с 95% - ой обеспеченностью. Таким образом, оценка гидроэкологических изменений в результате строительства ГТС (на примере гидроузла на реке Миасс) показывает недостаточность экологического стока в годы с 95% - ой обеспеченностью, что свидетельствует о вододефицитности рассматриваемого гидроузла.

Библиографический список

1. РД 153-34.2-02.409-2003. Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду.- С-Пб: ОАО "ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева" .-2009.
2. Монография / М.Н. Бубин, Н.С. Рассказова; Юргинский технологический институт (филиал) Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2013. – 278 с.
3. Отчет Счетной палаты Российской Федерации // Экология производства, 2011. №1.

УДК 628.16

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТОВКИ АКВАПАРКОВ И СПОРТИВНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ IMPROVE WATER TREATMENT FOR WATERPARKS

Чайковский Д.Я., аспирант. Арканова И.А., к.т.н., доцент, Денисов С.Е., проф., доктор тех. наук

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье описаны основные направления в модернизации систем водоподготовки для объектов культурно-оздоровительного назначения на Урале и Сибири, приводятся результаты лабораторных исследований современных фильтрующих материалов для очистки воды от соединений марганца и железа.

Abstract. The article describes the main trends in the modernization of water treatment systems for objects of cultural and recreational purposes in the Urals and Siberia. Here are also the results of laboratory studies of modern filter media for water treatment.

Ключевые слова: водоподготовка; фильтрующие материалы, водоснабжение, малоотходная система, обезжелезивание, деманганация, аквапарки, бассейны.

Keywords: Treatment of water, filter media, water supply, removal of iron, groundwater, water parks, pools.

Популярность спорта в нашей стране растёт с каждым днём и на сегодняшний день в большинстве городов РФ спрос на услуги плавательных бассейнов превышает предложение. В Челябинской области количество общественных бассейнов не превышает и 50 объектов. Большинство таких сооружений получают воду из централизованных городских сетей водоснабжения, но и существуют такие объекты культурно-оздоровительного назначения в которых подача воды осуществляется посредством использования независимого источника водоснабжения. В обоих случаях вода должна удовлетворять требованиям СанПиН 2.1.2.1188-03, а также вода в ванне бассейна должна отвечать и технологическим показателям согласно ГОСТ Р 53491.1- 2009 Она должна быть кристально чистой и обеспечивать просматриваемость дна самой глубокой части спортивных бассейнов для проведения соревнований и фото-, видеосъёмок [2]. Детские бассейны должны обеспечиваться водой с мини-

мальным содержанием растворённого железа или его полным отсутствием, вода не должна быть жёсткой. Такие требования обусловлены возникновением аллергических реакций, раздражением и сухостью кожи у детей. Если в воде присутствуют соединения железа и марганца, то в результате их окисления образуется налёт на стенках чаш бассейнов, что придаёт им неприятный цвет и эстетический вид.

Целью нашей работы была корректировка существующих проектов водоснабжения аквапарков, а также реконструкция спортивно оздоровительных комплексов с использованием фильтрующих материалов для I ступени очистки воды, показанной на рисунке 1.

В качестве проектов модернизации были взяты такие объекты, как спортивно-оздоровительный комплекс в парке ветеранов Магнитки в городе Магнитогорске и аквапарк в посёлке городского типа Барсово в Сургутском районе ХМАО-Югра.

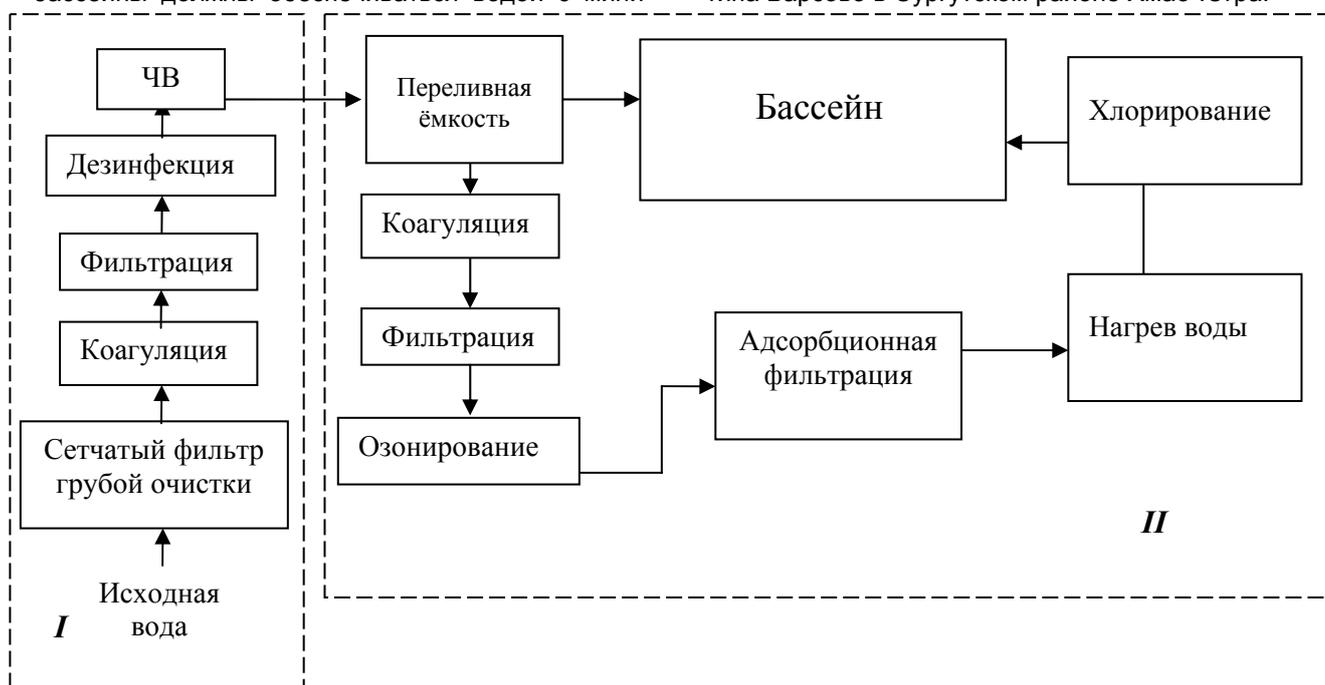


Рис. 1 - Технологическая схема очистки воды в бассейне с предварительной подготовкой исходной воды.

Мы рассмотрели вопрос независимого водоснабжения этих объектов от систем городского водопровода посредством использования артезианских скважин.

Показатели качества воды из ближайшей скважины и требования к очищенной воде представлены в таблице 1,2.

Таблица 1 – Исходные и требуемые показатели качества воды [1] аквапарка в п.г.т Барсово в Сургутском районе ХМАО-Югра.

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Качество исходной воды	СанПиН 2.1.4.1074-01
1	Цветность	град	30	20
2	Мутность	Мг/л	2,721	1,5
3	рН	ед. рН	5,8-6,0	6,0-9,0
4	Железо общее	мг/л	8,0	0,3
5	Жесткость общая	мг-экв/л	13	7,0
6	Марганец	мг/л	1,78	0,1

Таблица 2 – Исходные и требуемые показатели качества воды [1] Магнитогорского оздоровительного комплекса в парке "Ветеранов Магнитки"

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Качество исходной воды	СанПиН 2.1.4.1074-01
1	Цветность	град	25	20
2	Мутность	Мг/л	3,787	1,5
3	pH	ед. pH	7	6,0-9,0
4	Железо общее	мг/л	1,03	0,3
5	Жесткость общая	мг-экв/л	7,0	7,0
6	Марганец	мг/л	0,2	0,1

Методика оптимизации водоподготовки основывалась:

- На выборе оптимальной конструкции фильтров, способных эффективно работать и выполнять свои функции.

- На подборе долговечной фильтрующей загрузки с наилучшими показателями очистки воды.

Мы провели анализ отечественного и зарубежного рынка фильтрующих материалов. Среди фильтрующих материалов были выбраны 3 наиболее современных загрузки: GreenSand, Birm, АПТ-1 "Кера-про". Учитывались гидравлические недостатки и преимущества существующих фильтров, варианты установки форсунок для распределения воды. Так как проблема равномерности подачи воды наиболее важна в конструкциях фильтров.

После проведенных лабораторных исследований было выявлено, что фильтрующий материал Апт-1 (Кера-про) является оптимальным, экономически оправданным решением для удаления большого спектра примесей находящихся в очищаемой воде. Использование этого материала позволяет обеспечить надёжность работы всей системы водоподготовки бассейна.

Библиографический список

1. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 2.1.4.1074-01. – М.: Минздрав России, 2002. – 62 с.
2. Бассейны. Подготовка воды. Часть 1. Общие требования: ГОСТ Р 53491.1-2009. – Введ. 01-07-2010. – М.: Стандартинформ, 2010. – 57 с.

УДК 628.1 + 620.9

РЕСУРСО - И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОЕКТЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ АЭРОДРОМА

RESOURCES -ENERGY SAVING IN THE PROJECT OF WATER SUPPLY AND SANITATION AIRFIELD

Васильев В.И., к.т.н., доцент; Басманова Т.В., студентка

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Изложено описание особенностей проекта систем водоснабжения и канализации аэродрома с использованием новых строительных материалов с применением современных технологий реконструкции коммуникаций бестраншейным методом. Для возможности сокращения энергозатрат и ресурсосбережения в проекте применены устройства по использованию энергии солнца и ветра, а также вторичное использование воды для орошения прилегающих зеленых насаждений и для обеспечения противопожарного запаса.

Abstract. Set forth a description of features of the project of water supply and sewerage airport using new building materials using modern technology reconstruction of trenchless method of communication. To be able to reduce energy and resource in the project used the devices using solar and wind energy, as well as the re-use of water for irrigation of the surrounding green spaces and to provide fire stock.

Ключевые слова: аэродром, системы водоснабжения и канализации, новейшие технологии, солнечная батарея, ветроэнергетическая установка, энергосбережение.

Keywords: airport, water and sewage systems, the latest technology, solar panel, wind power plant, energy saving.

Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ) расположены в юго-восточной части Аравийского полуострова, между 22,5 и 26 градусами северной широты и между 51 и 56,25 градусами восточной долготы. Шарджа является третьим по величине эмиратом ОАЭ. Его площадь составляет 2590 км². Шарджа имеет общие границы со всеми эмиратами, входящими в состав государства. ОАЭ имеют субтропический, засушливый климат. Зимой температура воздуха около 26 градусов, летом поднимается до 45. Уровень годовой нормы осадков

приблизительно 130 мм. Относительная влажность воздуха в среднем 50-60 процентов, а в летний период может достигать 90 процентов. Количество солнечных дней в году 355. Средняя скорость ветра, записанная в международном аэропорту Дубая, в период с 1984-2008гг была 30 м. в секунду, что эквивалентно 108 км.в час. А также бывают порывы ветра со скоростью 45 м. в секунду в течение 3 секунд, что эквивалентно 160 км.в час. 1-2 раза в год случаются сильные ураганы.

Основной задачей данного проекта является реконструкция водопроводно-канализационных систем аэродрома. Целесообразность замены старого стального водопровода $d=89$ мм. и протяженностью 2 км. на новый полимерный водопровод $d=110$ мм. обусловлена высокой степенью его износа. Срок его эксплуатации к 2013г составлял 28 лет. За эти годы около аэродрома были заложены две крупных автомагистрали, а территория вокруг зоны аэродрома была искусственно озеленена и облагорожена архитектурно-скульптурными композициями[1]. Традиционная практика строительно-монтажных работ, которая велась открытым способом, влекла за собой последующее восстановление поврежденных участков инфраструктуры, нарушение работы автомагистралей и большие материальные затраты. Наш проект предлагает альтернативу этому устаревшему способу[2] - бестраншейную технологию монтажа водопроводных сетей. Современная мировая практика показала высокую эффективность этого метода. Он основан на разрушении существующей дефектной трубы и замене ее новой с большим диаметром. Этот метод реализуется с помощью специального оборудования – пневмопробойника, компрессора, гидравлической лебедки, сварочной машины, полиэтиленовых труб, патрубков и муфт. Пневмопробойник - это пневматическая машина ударного действия, предназначенная для проходки скважин в грунтах различных категорий, разрушения стальных водопроводов и протягивания в образовавшуюся скважину новых труб. Вспомогательным устройством является лебедка, соединённая тросом с пневмопробойником. Предназначение лебедки состоит в организации направленного движения пневмопробойника и в ослаблении усилий при взламывании стальной трубы и вдавливания ее в окружающий грунт.

Также при замене стального трубопровода на полимерный необходима установка устройства для доочистки транспортируемой воды, т.к. ее забор производится из стального, незащищенного изнутри, водопровода городского водоснабжения, в котором она повторно загрязняется. Предлагается установить после водозаборного узла станцию водоподготовки[2,3]. С учетом анализа воды, а также технико-экономических показателей, нами была выбрана автоматическая система мембранной фильтрации (метод обратного осмоса), отечественным аналогом которой, является установка «АСТРА-ФЕРРУМ» (ОАО «КОНВЕРСИЯ»). Выбор этой установки обусловлен ее автоматической работой, исключающей необходимость обслуживающего персонала, и отсутствием реагентного хозяйства.

В связи с климатическими условиями ОАЭ городским водоснабжением не предусматривается централизованное приготовление горячей воды. В проекте запланировано местное приготовление горячей воды в таких пунктах, где это действительно необходимо (комната матери и ребенка, кабинет врача, гостиничный комплекс). Предусматриваются водонагревательные аппараты с накопительным баком, а также установка термоконтроллеров в системе, обеспечивающей подачу горячей воды в комнату матери и ребенка.

Система водоотведения, существующая в старом здании аэродрома, нуждается в модернизации и реконструкции. Слив сточных вод производился в канализационную сеть города посредством трубопровода протяженностью 2,7 км. В настоящем проекте предложено использовать автоматическую станцию очистки сточных вод ЯН ТОПОЛ (Чехия)[4]. Принцип работы этого сооружения основан на водоочищающей способности активного ила во взвешенном состоянии, фильтрующей способности песка и дезинфицирующим действием УФ-излучения. Очистное сооружение непрерывно автоматически регулирует процесс работы в зависимости от объема поступающих вод. Если компьютер в установленном часовом интервале не регистрирует приток стоков, то очистное сооружение переключится в экономный режим, что снижает потребление энергии. Информация об авариях или поломках передается компьютером в сервисный центр.

Воду, прошедшую очистку на установке ЯН ТОПОЛ, предлагается использовать:

а) для орошения прилегающей к аэродрому озелененной территории, как того требуют правила, установленные в ОАЭ;

б) для обеспечения противопожарного запаса, необходимого для тушения пожаров по специальному противопожарному водопроводу.

Вторичное использование воды в данном проекте обуславливает явное экологическое и экономическое преимущество перед прежде существовавшей системой водоотведения, т.к. прежде на эти нужды использовалась вода хозяйственно-бытового назначения.

Решение проблемы энергообеспечения данного объекта видится нам в использовании энергии солнца и ветра.

Солнечная батарея является источником электрического тока посредством фотоэлектрических преобразователей. В настоящее время широко используются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи на основе кремния. Модули солнечных батарей TSM-210C-12[5] конструктивно реализуются в виде монолитного ламината спаянных монокристаллических элементов. Каркасная солнечная батарея выполнена в виде панели, заключенной в каркас из алюминиевого профиля. Панель представляет собой фотоэлектрический генератор, состоящий из стеклянной плиты с заламинированными на ней элементами. Предполагается покрыть всю площадь кровли здания панелями солнечных батарей.

Солнечная энергосистема состоит из следующих элементов:

а) Солнечный контроллер - это пульт управления энергетической системой, предотвращающий перегрузку системы или обратный ток в ночное время.

б) Инвентор – преобразователь постоянного электрического тока в переменный напряжением не менее 220 В.

в) Электро-аккумуляторы - устройства сохранения энергии.

Выбранная нами модель ФСМ-220 соответствует подходящим техническим характеристикам:
- Мощность 220Вт

- Напряжение 63В
- Ток 6,05А
- Размеры 1650х990х35мм
- Вес 22кг
- Срок службы 25 лет
- КПД 14 %
- Термостойкость до +90 град.

На крыше здания аэродрома намечено установить около 300 батарей TSM-210С-12, которые смогут обеспечить 50% электроэнергии здания аэродрома и вспомогательных служб.

Наряду с солнечными батареями предполагается установка ветрогенераторов – устройств преобразования кинетической энергии ветра в электрическую. Генератор на редкоземельных магнитах неодим-железо-бор на 50% изготовлен из стеклопластика, что снижает его вес.

Основная комплектация ветрогенератора [5,6]:

- а) ветроэнергетическая установка,
- б) блок обработки электроэнергии (контроллер),
- в) инвентар,
- г) аккумуляторы.

Для покрытия потребности в электроэнергии комплекса аэродрома выбраны две ветроустановки DeWindGmdH (Германия)[6]

Высота стальной башни 68м, скорость вращения ротора 13,2-24,5 об./мин., выработка электроэнергии 3161кВтч/год каждая, удельная стоимость установленной мощности 950euro/кВт.

Разместить эти ветроустановки предполагается на равнинной площадке на юго-западном участке аэродрома. Гелио- и ветроустановки рассматриваются как дополнительные источники электроэнергии, которые служат для покрытия только части потребной электроэнергии.

Библиографический список

1. Ильин, Ю.А. Надежность водопроводных сооружений и оборудования / Ю.А. Ильин. - М.: Стройиздат, 1985. – 240 с.
2. Орлов, В.А. Строительство, ремонт и реконструкция подземных инженерных сетей. Водоснабжение, водоотведение, оборудование и технологии: справочник / В.А. Орлов. - М: Стройформ, 2007. - 456 с.
3. Соколов, Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системах водного хозяйства промышленных предприятий / Л.И. Соколов.- М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 1997. – 218 с.
4. Топол, Я. Перспективы применения установок биологической очистки сточных вод компании TOPOLWATER в Уральском регионе. Изменение климата и экология промышленного города: материалы IV Международного форума 13-15 ноября 2013 / Я. Топол, С.Е. Денисов, В.С. Сперанский, В.И. Васильев, С.Г. Ницкая. - Челябинск, 2013, 80-82 с.
5. Кошкарлов, А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции / А.П. Кошкарлов. - М.: ДМК, 2012, - 245 с.
6. Безруких, П.П. Ветроэнергетика: справочное и методическое пособие / П.П. Безруких. - М.: ИД «Энергия», 2010. - 320 с.

УДК 628.01

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ EFFECTIVE METHODS OF IRON REMOVAL WATER

Гиниятуллина Э.З. студент, Николаенко Е.В. к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. Проанализированы основные тенденции развития технологий водоподготовки, направленные на снижение содержания железа в воде питьевого и производственного назначения. Показаны преимущества и недостатки наиболее эффективных методов

Abstract. Analyzed the main trends in the development of technologies of water treatment, aimed at reducing the iron content in drinking water and industrial purposes. Advantages and disadvantages of the most effective methods

Ключевые слова: водоподготовка, обезжелезивание, каталитическое окисление, ультрафильтрация, иониты, полупроницаемые мембраны

Keywords: water treatment, iron removal, catalytic oxidation, ultrafiltration, ion exchangers, semi-permeable membrane

Для многих регионов РФ проблема повышенного содержания железа, как в питьевой, так и технической воде стоит очень остро. Несмотря на широкое развитие технологий водоподготовки, решение данной проблемы имеет определенные трудности, зачастую чисто экономические, поэтому развитие современных методов обезжелезивания направлено не только на увеличение эффективности, но и на снижение капитальных и эксплуатационных затрат, что выражается в таких показателях как энергоэффективность, малые габариты, простота эксплуатации, возможность полной автоматизации и др.

Наиболее распространенный на сегодняшний день метод удаления железа, применяемый в высокопроизводительных компактных системах – это метод каталитического окисления. Суть метода заключается в том, что реакция окисления железа происходит на поверхности гранул специальной фильтрующей среды, обладающей свойствами катализатора. Наибольшее распространение в современной водоподготовке нашли фильтрующие среды на основе диоксида марганца (MnO₂). К ним относятся Бирм (Birm), пиролюзит, магнетит, Гринсенд (Manganese Greensand, MZ-10) и МТМ и их аналоги с другими названиями, производства раз-

личных фирм. Это природные материалы, содержащие диоксид марганца, например, типа пиролюзита, либо цеолиты, в которые при соответствующей обработке вводится диоксид марганца. При пропускании воды, содержащей двухвалентное железо, через слой таких загрузок происходит окисление железа и перевод его в форму нерастворимого гидроксида, осаждающегося на зернах загрузки. Данные фильтрующие материалы отличаются между собой как своими физическими характеристиками, так и содержанием диоксида марганца и поэтому эффективно работают в разных диапазонах исходной концентрации железа в воде. Для улучшения процесса окисления в воду может дополнительно вводиться перманганат калия $KMnO_4$, его применение не только активизирует реакцию окисления, но и компенсирует «вымывание» марганца с поверхности гранул фильтрующей загрузки, то есть регенерирует ее. В практике водоподготовки используют как периодическую, так и непрерывную регенерацию.

Не смотря, на явные достоинства, каталитическое окисление имеет ряд недостатков. Во-первых, данный метод неэффективен в отношении органического железа. Более того, при наличии в воде любой из форм органического железа, на поверхности гранул фильтрующего материала со временем образуется органическая пленка, изолирующая катализатор – диоксид марганца от воды. Таким образом, вся каталитическая способность фильтрующей загрузки сводится к нулю. Во-вторых, системы этого типа не могут эффективно справиться со случаями, когда содержание железа в воде превышает 10...15 мг/л, что совсем не редкость.

Современными эффективными методами удаления органических загрязнений являются сорбция на специальных слабоосновных анионитах и ультрафильтрация на мембранных фильтрах.

Анионирование применяется для извлечения растворенных анионов из воды. Анионированию подвергается вода, уже прошедшая предварительное катионирование. Поглощать из воды анионы сильных кислот способны как сильно-, так и слабоосновные аниониты. Анионы слабых кислот – угольной и кремниевой – поглощаются только сильноосновными анионитами. Слабоосновные аниониты в разной степени способны к сорбции разных анионов. Как правило, при ионном обмене соблюдается определенный ряд, называемый лиотропным, в котором каждый предыдущий ион поглощается более активно и в большем количестве, чем следующий. После исчерпания рабочей обменной емкости анионита он регенерируется. Регенерацию фильтра с анионитовой загрузкой проводят обычно щелочью – $NaOH$ (гидроксид-анионирование).

Эффективным способом удаления органики является ультрафильтрация. При ультрафильтрации вода пропускается через мембрану, имеющую отверстия размером от 5 нм до 0,01...0,1 мкм. Из воды извлекаются коллоидные частицы, микроорганизмы (бактерии и вирусы), крупные органические макромолекулы, определяющие цветность воды, имеющие молекулярную массу более 1000 Å. Рабочее давление от 0,7 до 7,0 атм. При этом

извлекается и железо, находящееся в комплексе с гуматами и в составе бактерий.

Главное отличие мембранной фильтрации от обычного объемного фильтрования в том, что подавляющее большинство всех задерживаемых веществ накапливается на поверхности мембраны, образуя дополнительный фильтрующий слой осадка, который обладает своим сопротивлением.

Наиболее экономичный режим работы ультрафильтрационных установок – «тупиковый», когда вся исходная вода пропускается через мембрану. В ряде случаев для борьбы с ростом осадка над поверхностью мембраны создают дополнительный поток из обрабатываемой жидкости, который размывает накапливающийся осадок. Жидкость, содержащая удаленные с поверхности мембраны загрязнения, выводится из разделительного аппарата. Для более эффективного удаления загрязнений с поверхности и из пор мембраны используют метод обратных промывок, при котором очищенную воду (фильтрат) пропускают через мембрану в направлении, обратном направлению фильтрования. Такие промывки производятся намного чаще, чем промывки обычных фильтров с зернистой загрузкой – от 1 до 5 раз в час, но их продолжительность составляет всего 10...30 секунд, поэтому объем сбрасываемой воды составляет 2...5 % от объема фильтрата.

Для предотвращения биологического зарастания ультрафильтрационных мембран в воду для обратной промывки мембранных элементов добавляют гипохлорит натрия.

В процессе длительной работы производительность мембранных аппаратов постепенно уменьшается, т. к. на поверхности и в порах мембраны сорбируются различные вещества и отлагаются частички загрязнений, увеличивающие общее гидравлическое сопротивление мембранных аппаратов. Для восстановления первоначальной производительности несколько раз в год проводится химическая промывка мембранных аппаратов специальными кислотными и щелочными реагентами для удаления накопленных загрязнений.

Таким образом, основные задачи при проектировании мембранных установок – это подбор оптимального типа мембран в зависимости от состава исходной воды и определение оптимального режима эксплуатации мембранной установки, при котором загрязнение мембран было бы минимальным. Надежность работы обеспечивается правильным выбором материала мембраны, который был бы наименее чувствителен к загрязнениям, характерным для данного состава исходной воды, и конструкцией аппарата, которая должна позволять проводить гидравлические промывки мембран с максимальной эффективностью. Кроме того, важно уметь прогнозировать работу установки в течение длительного периода эксплуатации.

В качестве материала для изготовления ультрафильтрационных мембран в основном используются полимерные вещества – ацетат целлюлозы, полисульфон, полиэтерсульфон, полиамид, полиимид, поливинилденфторид, полиакрилонитрил и их производные. Большинство ультрафильтрационных мембран – асимметричные, они состоят из тонкого селективного слоя

толщиной несколько десятков мк или менее и пористой подложки, которая обеспечивает механическую прочность. Полимерным мембранам при их изготовлении могут придаваться разнообразные свойства, что позволяет управлять их селективными характеристиками и устойчивостью к загрязнению различными веществами.

Другое достоинство данной технологии является высокая степень обеззараживания воды в сочетании с высокой надежностью сохранения этого показателя в процессе эксплуатации. Извлечение из воды микроорганизмов происходит на основе ситового механизма, что гарантирует высокую эффективность этого метода (для сравнения: размер пор УФ-мембран – 0,005...0,02 мкм, размер цист *Giardia* и *Cryptosporidium* – 5...15 мкм, *Escherichia coli* – 0,5 мкм, бактерии *Salmonella*, *Shigella*, *Legionella* – 0,3...1,5 мкм, вирусов – 0,01...0,03 мкм).

Таким образом, метод ультрафильтрации позволяет создавать на его основе компактные, пол-

ностью автоматизированные установки, простые и удобные в эксплуатации, позволяющие решать комплексные задачи удаления железа, снижения мутности и обеззараживание воды.

Библиографический список:

1. Рябчиков, Б.У. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛипринт, 2004, – 328 с.
2. Фрог, Б.Н., Левченко, А.П. Водоподготовка. – М.: Изд. МГУ, 1996. – 680 с.
3. Кулаков, В.В., Сошников, Е.В., Чайковский, Г.П. Обезжелезивание и деманганация подземных вод. – Хабаровск: Изд. ДВГУПС, 1998. – 100 с.
4. Первов, А.Г. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация: Монография. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009, – 232 с.

УДК 628.1 (628.161.2)

ВОДОПОДГОТОВКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКА СИНИЙ БОР

TREATMENT OF UNDERGROUND WATER IN RECONSTRUCTION OF WATER SUPPLY VILLAGE BLUE BOR

Ницкая С.Г., к.т.н., доцент, Перетяченко А.Д., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрены возможные варианты подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения из подземных источников в присутствии в воде железа.

Abstract. The possible options for the preparation of water for drinking purposes from underground sources in the presence of iron in water.

Ключевые слова: Источники водоснабжения, качество воды, обезжелезивание, установки обезжелезивания.

Keywords: Sources of water, quality of water, iron removal, installation of iron removal.

Выбор источника водоснабжения является одной из основных задач при устройстве системы водоснабжения любого населенного пункта, поскольку он в значительной мере определяет характер самой системы водоснабжения, наличие в ее составе тех или иных сооружений, и, следовательно, стоимость и строительства, и эксплуатации.

Для Челябинской области для малых населенных мест характерно использование подземных артезианских вод в качестве источника хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения.

Характерной особенностью для большинства подземных вод области является присутствие в воде железа и, часто, марганца. Согласно санитарным нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 в питьевой воде содержание железа не должно превышать 0,3 мг/л и марганца 0,1 мг/л [1].

Известно, что повышенное содержание железа в воде придает ей буроватую окраску, неприятный металлический привкус, вызывает зарастание водопроводных сетей и водоразборной арматуры. Избыток железа в питьевой воде вреден для здоровья человека. Превышение содержания марганца ухудшает органолептические свойства воды.

Удаление из воды питьевого назначения (обезжелезивание и деманганация воды) являются важной задачей в процессе водоподготовки в целях питьевого назначения.

Требования настоящего времени повышения комфортности при строительстве жилых зданий предусматривают обеспечение надежного и бесперебойного водоснабжения водой питьевого качества для всех групп потребителей и в малых населенных пунктах.

Для поселка Синий бор в рамках Генерального плана развития муниципального района (выполненного в ПК «Головной проектный институт Челябинскгражданпроект») при увеличении жилищного фонда предусматривается застройка проектируемых жилых районов зданиями с полным инженерным обеспечением, в том числе и централизация систем водоснабжения и водоотведения.

В настоящее время на территории поселка эксплуатируются пять скважин, которые обеспечивают потребности населенного пункта в обеспечении водой питьевого качества. На перспективу Генеральным планом развития поселка предусматривается увеличение жилищного фонда в 2,2 раза, что потребует введение дополнительных источни-

ков водоснабжения – введение в действие новых водозаборных скважин.

Воды действующих артезианских скважин по химическому составу характеризуются как пресные и пригодные для хозяйственно-питьевых целей после очистки от железа, содержание которого достигает 1,0 мг/л (при ПДК 0,3 г/л [1]). Очистка воды, подающейся в систему централизованного водоснабжения, осуществляется на станции водоподготовки УППВ-10-12 производства ООО «Рифинг» (г. Миасс).

В связи с расширением застройки поселка и увеличения объемов водопотребления существующие скважины не обеспечат возросшие потребности. Планом намечен участок размещения проектируемых скважин на расстоянии 1 км южнее пос. Синий Бор.

Введение в действие новых скважин потребует дополнительных установок очистки воды, направляемой в централизованную систему водоснабжения поселка.

Известно, что преобладающей формой существования железа в подземных водах является бикарбонат железа (II), который устойчив только при наличии значительных количеств углекислоты и отсутствии растворенного кислорода. Наряду с этим, железо встречается в виде сульфида, карбоната и сульфата железа (II), комплексных соединений с гуматами и фульвокислотами.

Традиционные методы обезжелезивания воды основываются на окислении двухвалентного железа кислородом воздуха (аэрация) и сильными окислителями (хлор, перманганат калия, перекись водорода, озон) до трехвалентного состояния, с образованием нерастворимого гидроксида железа (III), который впоследствии удаляется отстаиванием, отстаиванием с добавлением коагулянтов и флокулянтов и (или) фильтрацией.

Все многообразие методов, применяемых в технологии обезжелезивания воды, можно свести к двум основным типам: реагентные и безреагентные.

Обезжелезивание поверхностных вод можно осуществить лишь реагентными методами с последующей фильтрацией, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы.

Основой безреагентного обезжелезивания является предварительная аэрация воды (насыщение кислородом воздуха) с последующим фильтрованием через слой зернистой загрузки (фильтрующего материала).

Существуют следующие методы удаления железа (деферизация) воды:

- физический – макро-, микро-, ультра- и нанофильтрация, и обратный осмос;
- химический – окисление различными окисляющими агентами, в том числе в присутствии катализатора;
- биологический – окисление двухвалентного железа с включением в состав бактерий [2].

Выбор технологии водоочистки зависит от природы соединений железа, его концентрации, содержания в воде органических веществ; назначения водопровода, производительности станции и местных условий.

В научно-технической литературе для извлечения железа из подземных вод большое внимание уделяется установкам на основе мембранных методов (обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация и микрофильтрация), как одному из перспективных направлений, обеспечивающих получение воды требуемого качества при небольших габаритах установок.

Анализ современных методов обезжелезивания и деманганации природной воды, представленный в работе [2], позволяет отдать предпочтение фильтрам-обезжелезивателям. При пропуске воды, содержащей двухвалентное железо и поливалентный марганец, через слой наполнителей происходит интенсивное окисление железа и марганца и их перевод в нерастворимую гидроокись и двуокись, осаждающихся на загрузке.

В настоящее время наиболее перспективны принципиально новые продукты – каталитические фильтрующие материалы, представляющие собой относительно легкую матрицу (алюмосилицеолиты), которая либо покрыта пленкой оксидов марганца или железа, либо указанные оксиды введены в ее структуру.

Следует также отметить автоматические установки обезжелезивания серии ФУЖ (фильтр удаления железа). В этих установках окисление железа и марганца, их перевод из двухвалентной в трехвалентную нерастворимую форму, происходит непосредственно на поверхности гранул специальной фильтрующей среды, обладающей свойствами катализатора (ускорителя химической реакции окисления). Железо (и в меньшей степени марганец) в присутствии диоксида марганца быстро окисляется и оседает на поверхности гранул фильтрующего материала. Образовавшийся выпавший осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. При данном способе обезжелезивания воды не требуются расходные материалы (реагенты) для восстановления работоспособности фильтрующего материала [3].

Представителем направления фильтров-обезжелезивателей является фильтры для очистки воды от железа, марганца марки HF1, которые представляют собой напорные фильтры с зернистой фильтрующей средой, служащей катализатором реакции окисления, в результате чего растворенное в воде железо и марганец переходят в нерастворимую форму и выпадают в осадок. Осадок задерживается в слое фильтрующего материала и в последующем сбрасывается в дренаж при обратной промывке в процессе регенерации. Работа фильтров полностью автоматизирована.

В зависимости от типа применяемого фильтрующего материала и клапана управления существуют две модификации фильтров:

- безреагентные (регенерация осуществляется обратным током воды);
- реагентные (регенерация осуществляется перманганатом калия).

При установке безреагентного фильтра промывка осуществляется без применения каких-либо химических реагентов только путем взрыхления и последующей отмычки фильтрующего материала исходной водой.

Перед поступлением на безреагентные фильтры, исходная вода, в большинстве случаев должна быть подвергнута предварительной обработке для первоначального окисления железа и марганца.

Фильтры обезжелезивания и деманганации ERF/MSF предназначены для удаления железа и марганца из воды. В таких фильтрах процесс удаления железа и марганца можно разделить на 4 этапа: 1 – обогащение воды кислородом; 2 – процесс окисления, фильтрующий материал выполняет роль катализатора процесса окисления, сокращая время реакции и снижая остаточное содержание железа и марганца; 3 – фильтрация; 4 – обратная промывка, которую необходимо проводить раз в неделю. Промывка проводится автоматически.

WiseWater FA – фильтр для удаления взвешенных и коллоидных примесей, железа, марганца, сероводорода, а также продуктов хлорирования. Работа системы основана на каталитическом окислении ионов железа и марганца (в случае использования каталитических материалов) и последующей объемной фильтрации и сорбции загрязнений. При пропускании воды через слой наполнителя происходит окисление железа и марганца и их перевод в нерастворимую гидроокись, осаждающуюся на фильтрующей загрузке. Промывка сис-

тем осуществляется обратным током исходной воды без использования реагентов.

Одним из наиболее популярных брендов области обезжелезивания и деманганации воды являются установки бельгийской фирмы Pentair Water, предназначенные для удаления из воды железа и марганца. Данные системы обезжелезивания в процессе регенерации обеспечивают непрерывную подачу воды. Фильтр представляет собой сосуд из нержавеющей стали с фильтрующим материалом природного происхождения Bigm. Фильтры отличаются высокой производительностью, особенно, при низком содержании марганца и большом количестве кислорода и значительных расходах очищаемой воды.

Выбор конкретной схемы очистки воды поселка Синий бор будет осуществлен после технико-экономического сравнения различных установок.

Библиографический список

1. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
2. Б.Е. Рябчиков, д.т.н. Современные методы обезжелезивания и деманганации природной воды / http://www.mediana-filter.ru/deferrum_water6.html
3. Обезжелезивание воды. Фильтры удаления железа и марганца ФУЖ <http://www.vodovorot.su/obezzhezivanie-udalenie-margantsa>

УДК 628.31 (628.316.12)

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА

Ницкая С.Г. к.т.н., доцент, Техтелева Е.Н., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрены особенности проектирования систем поверхностного стока в городской застройке. Проведен анализ очистных сооружений ливневой канализации типовых решений технологических схем.

Abstract. Features of designing of systems of surface runoff in urban areas. The analysis of wastewater treatment facilities stormwater standard solutions of technological schemes.

Ключевые слова: поверхностный сток, проектирование, локальные очистные сооружения.

Keywords: surface runoff, design, local treatment facilities.

Поверхностный сток с городских и промышленных территорий является одним из значительных источников загрязнения водных объектов. Проблема загрязнения водных объектов поверхностными стоками, как правило, остается без должного внимания при разработке проектов различной направленности, вследствие чего ливневые сточные воды в большинстве случаев попадают в водные объекты без необходимой очистки, неся с собой большое количество органических, взвешенных веществ, нефтепродуктов, фенолов, соединений тяжелых металлов, биогенных элементов.

В соответствии с действующим законодательством в области охраны водных объектов при проектировании новых объектов (населенные пункты, жилые микрорайоны в существующей застройке, промышленные объекты) раздел организации сбора и очистки поверхностного стока с территории является обязательным.

В соответствии с современным требованием Градостроительного кодекса основная часть территорий любых населенных мест и промышленных объектов должна иметь инженерные системы ливневой канализации, необходимой для сбора, отведения и очистки поверхностных стоков.

Существующие требования к качеству воды водоемов запрещается использование водных объектов для целей сброса неочищенных до установленных нормативов сточных вод. Решение проблемы загрязнения водоемов в границах жилой застройки возможно за счет проектирования и использования эффективных систем сбора и очистки поверхностного стока.

Очистка поверхностных и ливневых стоков применяется в первую очередь для защиты водных ресурсов и прилегающих территорий от загрязнения нефтепродуктами и взвешенными веществами.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока, а также конструкции очистных сооружений определяется его качественной и количественной характеристиками, условиями отведения и осуществляется на основании оценки технической возможности реализации того или иного варианта и сравнения технико-экономических показателей.

Требования к качеству очищенных ливневых сточных вод регламентируются следующими документами: «Рекомендациями по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» и Санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.5.980-00 «2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22 июня 2000 г.).

В зависимости от предъявляемых требований, для очистки ливневых стоков разработаны очистные сооружения ливневой канализации, в которых очистка поверхностных стоков производится с использованием различных методов:

- механическая очистка воды;
- физико-химическая очистка и др., позволяющие эффективно очищать и обезвреживать сточные воды ливневых стоков от вредных примесей.

Выбор схемы очистки определяется не только требуемой степенью очистки, но и экономическими расчетами. Чем больше расход, тем более актуальным становится вопрос о дальнейшем использовании очищенной воды для хозяйственных нужд. Заказчик проекта в техническом условии чаще всего указывает выпуск очищенного стока на рельеф, и такое решение принимается гораздо чаще, чем сброс воды после очистных сооружений в существующую городскую канализацию или использование его на различные цели.

Кроме того, при проектировании новых жилых районов за границей проектирования может не быть территорий, пригодных для выпуска очищенного стока на рельеф.

На сегодняшний день в действующем законодательстве нет документов регламентирующих расчет сбросов на ландшафт (рельеф местности) и порядка утверждения нормативов допустимого воздействия в отношении такого сброса.

При проектировании новых районов жилой застройки, находящейся вдали от проточных водоемов, наиболее эффективным решением проблемы предотвращения загрязнения стоком площади водосбора является его повторное использование в системах технического водоснабжения. Такое решение часто бывает и экономически более выгодным, так как сокращает потребление природной воды, и, как правило, требуется менее глубокая его очистка по сравнению с вариантом сброса в водоем.

Выпуск очищенного стока на рельеф позволяет минимизировать стоимость проекта. Но с другой стороны, при сбросе очищенного стока на рельеф и сейчас используются типовые проекты оголовков, которые давно устарели и являются недействую-

щими, поэтому требуются новые инженерные решения для отведения стока.

В настоящее время разработано значительное количество типовых проектов систем поверхностного стока, причем проектируемые очистные сооружения представлены как наземного, так и подземного исполнения различной производительности.

Контрольными показателями по загрязнениям для поверхностных стоков являются взвешенные вещества и нефтепродукты.

Как известно, существуют три варианта типовых решений схемы отведения поверхностного стока. Каждый из них предусматривает наличие разделительной камеры, распределяющей сток, и очистных сооружений, главная задача которых – удалить из воды нефтепродукты. С этой задачей сооружения справляются в несколько стадий, которые могут варьироваться в зависимости от фирмы-производителя, но основной состав очистных сооружений включает горизонтальные отстойники, тонкослойные и коалесцентные модули, сорбционные фильтры. Главную особенность представляют коалесцентные модули, которые улавливают масла и отталкивают воду. Именно с помощью них и удаляются нефтепродукты из воды. Срок службы этих модулей неограничен, так как пластмасса, из которой они изготавливаются, не подвергается коррозии и изменению физических свойств. Модули не требуют замены и регенерации. Очистка коалесцентного модуля производится напором теплой воды после извлечения модуля из емкости, после чего коалесцентные модули готовы к дальнейшему использованию. Применение коалесцентного модуля позволяет увеличить производительность очистных сооружений за счет большей площади поверхности модулей.

Что же касается других ступеней – для них необходима откачка осадка специальной техникой и периодическая замена, но в современных условиях это не является проблемой.

С территорий, для которых проектируются очистные сооружения, собирается достаточно большой объем поверхностного стока. Очищенная вода может быть использована для полива территории. Излишки воды должны вывозиться на дальнейшую очистку спецтехникой в места расположения очистных сооружений, предназначенных для очистки и обеззараживания таких стоков.

В последнее время в практику интенсивно внедряется многоквартирное строительство комплексов, автопарковки в которых запроектированы под землей или цокольных этажах высотных зданий. Для таких объектов необходима своя автоматизированная система пожаротушения. Кроме того, вокруг таких комплексов располагают парковые зоны и зоны отдыха с большим количеством зеленых насаждений, которые требуют ухода. Несомненно, собранный и очищенный сток может послужить в качестве запасного расхода для пожаротушения или для полива зеленых насаждений.

Возможность повторного использования очищенных стоков позволяет решить многие проблемы систем поверхностного стока.

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В г. АНГАРСКЕ

DEVELOPMENT OF SAFETY MEASURES FOR WATER FACILITIES IN ANGARSK CITY

Тимофеева С.С., д.т.н., профессор, Березин Е.Н., слушатель МРЦПК, Тимофеев С.С., магистрант

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Аннотация. Рассмотрены опасные ситуации, возникающие при эксплуатации системы технического водоснабжения г. Ангарска и организационные мероприятия по улучшению условий труда персонала, обслуживающего гидротехнические сооружения. Предложена конструкция понтонного сооружения для исключения опасных ситуаций для персонала при чистке каналов от водной растительности

Abstract. Considered dangerous situations during operation of technical water supply system in the city of Angarsk and organizational measures for improvement of working conditions of the personnel serving waterworks. We provide design of the pontoon facilities that eliminate hazards to personnel while cleaning the waterworks canals from algae.

Ключевые слова: водоснабжение, гидротехнические сооружения, опасные ситуации, безопасность, чистка каналов от водорослей, понтонные сооружения

Keywords: water, waterworks, dangerous situations, safety, channel cleaning, algae, pontoon facilities

Промышленный комплекс г. Ангарска, представленный тепловыми электростанциями и промышленными предприятиями, является одним из крупных потребителей воды для целей технического водоснабжения. Вода из системы технического водоснабжения используется как теплоноситель, как транспортное средство.

Согласно ежегодного доклада о состоянии окружающей среды в Иркутской области в 2013 году [1] основной водной артерией на территории области является р. Ангара. Водосборная площадь Ангары превышает миллион квадратных километров, на бассейн собственно Ангары, без байкальского водосбора, приходится 468 тыс. км².

Бассейн реки Ангары вытянут с юго-востока на северо-запад: на юге он граничит с бассейном Байкала, на западе и севере – с бассейном Енисея, на востоке – с бассейном р. Лена. В административном отношении территория бассейна Ангары принадлежит Иркутской области (64%), Красноярскому краю (30%), Республике Бурятия (6%).

Протяженность р. Ангары в пределах Иркутской области составляет 1107 км. Перепад высот от истока до впадения в Енисей – 378 м. Вытекая из Байкала со среднемноголетним расходом воды в 1,9 тыс. м³/с, Ангара приносит в Енисей уже 4,6 тыс. м³/с (на границе Иркутской области и Красноярского края – 3,3 тыс. м³/с.). В створе слияния Енисея и Ангары на долю ангарских вод приходится 65% и лишь 35% общего стока принадлежит Енисею.

Ангара является источником хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения для предприятий Иркутско-Черемховского промышленного узла. Существенный вклад в потребление воды и водоотведение вносит система объединенного технического водоснабжения комплекса промышленных предприятий г. Ангарска. Она представляет собой гидротехнические сооружения (ГТС), состоящие из подводящих и отводящих каналов, насосных станций

Подводящий канал соединяет вододелитель с насосной станцией. Протяженность его составля-

ет 4500 м, ширина по дну 5 м. Откосы канала выполнены песчано-гравийной отсыпкой толщиной до 0,5 м и с уклоном до бермы 1:3,5, выше бермы – 1:1,15. От пикета № 21 до насосной станции № 3 откосы выше бермы выполнены с уклоном 1:3.

Сбросной канал в реку Ангару состоит из двух закрытых железобетонных каналов и открытой части состоящей из двух участков.

Сбросной канал в реку Малая Еловка состоит из закрытого железобетонного канала. Закрытый канал выполнен в виде лотка из монолитного железобетона накрытый сверху ж/б плитами.

В соответствии с ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» №117 от 21.07.1997г. по признакам возможной аварии [2] данные ГТС не попадают в разряд опасных при возможном прорыве воды. Вместе с тем, в связи с естественным старением данных объектов для обслуживающего персонала эти сооружения являются источником потенциальной, возрастающей опасности при непосредственной эксплуатации этих объектов.

Эксплуатационный контроль над состоянием и работой гидротехнических сооружений водозабора г. Ангарска включает в себя: проведение машинистами насосных установок ежемесячного осмотра за состоянием зданий, сооружений и прилегающих аванкамер водозаборного ковша и подводящего канала с записью результатов осмотра в оперативных журналах; проведение систематических натурных наблюдений с целью получения достоверной информации о состоянии сооружений; своевременная разработка и принятие мер по предотвращению возможных повреждений и аварийных ситуаций; получение технической информации для определения сроков и наиболее эффективных и экономичных способов ремонтных работ. Результаты наблюдений заносятся в журнал визуальных наблюдений.

Натурные наблюдения за состоянием ГТС организуются с начала их возведения и продолжаются в течение всего времени эксплуатации.

Общий осенний осмотр проводится с целью проверки подготовки ГТС к работе в зимних усло-

виях. К этому времени должны быть закончены все летние работы по ремонту. Кроме плановых, проводятся внеочередные осмотры ГТС после воздействия на них чрезвычайных стихийных явлений или аварий.

На всех ГТС проводятся следующие наблюдения: А) на железобетонных и бетонных ГТС: за осадками и смещениями сооружений и их оснований; за состоянием и монолитностью бетона; за состоянием температурных и усадочных швов; за состоянием ж/б каналов, напорных трубопроводов; Б) на грунтовых ГТС: за состоянием креплений откосов грунтовых каналов; за деформациями, трещинами в сооружениях и облицовках; за режимом уровней гидросооружений; за режимом грунтовых вод и работой дренажных устройств; В) при контроле за русловыми процессами: за воздействием потока на сооружения, в частности, размывом дна и берегов, за разрушением водосливных граней; истиранием и коррозией облицовок, просадкой, оползневыми явлениями, заилением и зарастанием водозаборного ковша и каналов; за процессами лёдо- и шугообразования в зимний период, затормаживающими явлениями, воздействием льда на сооружения и их обледенением.

Натурные наблюдения проводятся по разработанному маршруту для всего комплекса ГТС и в соответствии с утверждённым графиком.

В качестве основного рабочего документа наблюдателя используется журнал визуальных наблюдений, состоящий из титульного листа и набора заполняемых форм, которые собираются в специальную папку-скоросшиватель. При благополучной работе ГТС периодичность циклов визуального осмотра составляет один раз в месяц.

Плановые (обязательные) осмотры креплений грунтовых откосов проводятся один раз в квартал. Один раз в году производится сплошное (по всей поверхности) простукивание ломом бетонных плит крепления откосов для обнаружения скрытых пустот и определения их размеров.

При наблюдении за русловыми процессами и режимами водотока, периодичность устанавливается с учётом интенсивности процессов размыва, но не реже одного раза в пять лет.

ГТС системы технического водоснабжения должны удовлетворять требованиям устойчивости, прочности и долговечности, а также обеспечивать бесперебойную подачу через них технической воды в необходимом количестве.

Обслуживание ГТС заключается в поддержании их в работоспособном состоянии.

В период летней эксплуатации ГТС основное внимание должно обращать на осадки, деформации, трещины, образовавшиеся в бетонных сооружениях и облицовках; на оползни, размывы, просадки и выпучивания грунтов на откосах, на фильтрацию ГТС и поведение грунтовых вод; на заиление, наносы и зарастание каналов водорослями, а также на состояние водной поверхности каналов. Своевременно должны приниматься меры по устранению выявленных нарушений и неблагоприятных явлений.

Зимняя эксплуатация ГТС в основном заключается в наблюдении за прохождением ледостава реки Ангара и обеспечения пропускной способно-

сти каналов при ледовом покрове. В зимний период должен осуществляться постоянный контроль за уровнем воды и ледоставом на реке Ангара для своевременного реагирования при возникновении изменений. Результаты наблюдения (температура наружного воздуха, состояние шуги на реке Ангара по 10-ти бальной шкале и изменениями состояния ледового покрова на водозаборном ковше) заносятся в ежедневном порядке в журнал наблюдений машинистом насосной станции.

Механическое оборудование ГТС (затворы, пазовые направляющие и тали) должно быть исправно и постоянно находиться в состоянии готовности к работе.

При маневрировании затворами, движение их должно происходить без рывков и вибраций, с правильной работой ходовых и опорных частей. Работа с затворами на вододелителе производится плавно.

За аванкамерой водозаборного ковша и подводящего канала в летний период должен осуществляться регулярный надзор машинистами насосных установок для поддержания этих сооружений в исправном состоянии. Увеличенное количество водорослей, посторонних предметов и бытового мусора может привести к выходу из строя сороудерживающих решёток и остановке работающих насосных агрегатов.

Осмотр и очистка сороудерживающих решёток должны проводиться каждую смену, а с увеличением потока водорослей проводить эти мероприятия с периодичностью необходимой для поддержания сороудерживающих решёток в исправном состоянии.

Возможно для очистки подводящего канала от водорослей в летний период использовать земснаряд ПЗУ-8М. При этом необходимо готовить карты для отводимого ила, сооружать и перестраивать пульпопровод по всей длине подводящего канала (около 5 км). Данный способ требует значительных затрат.

Чтобы снизить вероятность проскока водорослей в систему охлаждения используют не только сороудерживающие очищаемые решётки, но и организуют поверхностную очистку воды канала заградительными плавающими устройствами из пустотелых труб. Скопившиеся водоросли на заградительном устройстве собираются персоналом участка в баржи, с применением лодок. Данный способ имеет ряд существенных недостатков: низкая эффективность процесса по удалению водорослей; высокая трудоёмкость; существует опасность падения персонала в воду с лодки; требует дополнительных средств безопасности (наличие и оснащение плавсредств); выполнения работ тремя работниками с учетом наблюдения за работами с берега канала;

Работа по очистке каналов от водорослей является одной из наиболее опасных с точки зрения вероятности возникновения опасных ситуаций, связанных с перегрузкой лодок, неосторожными действиями персонала и возможностью перевернуться вместе с лодкой.

Для снижения рисков, возникающих при обслуживании (сбора водорослей) подводящего канала, водозаборного ковша с лодок авторами

предлагается установить в канале понтонный уловитель водорослей (рисунок 1).

Это позволит снизить риски опасных действий персонала и иметь ряд преимуществ: работать фактически с твердой поверхности; механизировать сбор водорослей; механизировать сбор водорослей;

Нами предложена конструкция понтонного уловителя водорослей на основе поплавков производства ООО «Практика Плюс» (г.Чебоксары), выполненных из пустотелых пластиковых секций. Подъемная сила всех поплавков должна обеспечи-

вать находиться на плаву всей конструкции понтона. Поплавки собираются отдельными группами для прохождения между ними потока воды и связаны между собой распорками, позволяющими закрепить их в процессе монтажа на раме (Рис.1).

Для оценки надежности предлагаемой конструкции построили дерево отказов и выполнили расчет вероятности отказа, а также построили диаграмму Исикавы. Установлено, что предлагаемое сооружение надежно и более эффективно с точки зрения охраны труда.



Рис. 1- Понтонные сооружения из поплавков

Применение предлагаемой конструкции позволит обеспечить работу фактически с твердой поверхности; механизировать сбор водорослей; обеспечить безопасность проведения работ (перила, освещение); дает возможность перехода с одного берега канала на другой, не передвигаясь через насосную, что очень удобно при осмотре ГТС, ликвидации предпосылок чрезвычайной ситуации; применение понтонов торговой марки «MERDOK» из пластика даёт неоспоримое пре-

имущество с металлическими (например, типа БП-6-720), которые тяжелее, дороже и подвержены коррозии;

Библиографический список

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Иркутской области в 2012 году. - Иркутск: ООО Форвард, 2011. – 400 с.
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 117-ФЗ "О безопасности гидротехнических сооружений"

УДК 628.26:631.8

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УТИЛИЗАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ

INNOVATIVE APPROACHES TO DISPOSAL OF THERMAL POWER PLANT WASTEWATER AS A FERTILIZER

Тимофеева С.С., д.т.н., профессор

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

Аннотация. Рассмотрена инновационная технология утилизации сточных вод после регенерации ионитовых фильтров на установках обессоливания. Предложено в качестве регенерирующего раствора использовать азотную кислоту, гидроксид калия, а образующиеся сточные воды как комплексное удобрение. Приведены результаты опытно-промышленных и полевых испытаний. Регенерационные сточные воды вносили непосредственно под зерновые культуры путем полива или в виде сухих солей, выделенных из сточных вод выпариванием. Доказана эффективность и целесообразность утилизации сточных вод как удобрений.

Abstract. Considered innovative technology of wastewater disposal after regeneration of ion-exchange filters in desalination machines. Proposed as a regenerating solution to use a nitric acid, potassium hydroxide and resulting waste water as a complex fertilizer. Results of pilot and field tests are provided. Regenerated waste water was added directly beneath the crops through irrigation or as a dry salt, extracted from the wastewater by evaporation. Proof of effectiveness and feasibility of recycling waste as fertilizer provided.

Ключевые слова: сточные воды водоподготовительных установок, технологии утилизации, удобрения

Keywords: sewage water treatment plants, utilization technologies, fertilizer

В условиях перехода земной цивилизации на путь устойчивого развития, предполагающего существенное сокращение потребления ресурсов, крайне остро стоит проблема совершенствования водопотребления и водоотведения. В промышленности объекты энергетики являются одними из крупных потребителей воды. Вода на этих предприятиях выполняет разные функции: во-первых, теплоноситель, во-вторых, транспортное средство (в системе гидрозолоудаления), в-третьих, промышленные отходы (сточные воды водоподготовительных ВПУ). Ежегодно на водоподготовительных установках (ВПУ) тепловых и атомных станций вырабатывается 500 млн. м³ обессоленной и 1,2 млрд. м³ умягченной воды, сбрасывается до 250 млн. м³ сточных вод с общим солесодержанием около 204 млн. т. Стоимость переработки 1 м³ стоков в 3 – 5 раз больше приведенной стоимости воды как сырья в технологическом цикле ТЭС.

Как правило, сточные воды обессоливающих установок сбрасываются в систему гидрозолоудаления без какой-либо обработки и создают серьезные экологические проблемы в районах расположения золоотвалов. Объем сточных вод ВПУ Байкальского региона достигает 1,7 млн. м³ в год, при этом безвозвратно теряется более 497 тыс. т. полезных компонентов и создается дополнительная экологическая нагрузка на водные экосистемы. Усовершенствование технологии водоподготовки со значительным снижением общей минерализации и утилизации регенерационных сточных вод позволит эффективно решать проблемы ресурсосбережения и снижения экологической нагрузки.

В настоящее время на всех тепловых электростанциях Байкальского региона водоподготови-

тельные установки работают без очистки и утилизации химзагрязненных вод. Нами предложена технология противоточного обессоливания мало-минерализованной воды р. Ангары с использованием современных ионообменных материалов и технология регенерации ионитов [1,2].

Лабораторными сравнительными испытаниями схем ионирования с прямоточной и противоточной регенерацией установлено, что переход на прямоточную технологию позволяет увеличить выработку воды на 1 м³ загрузки и рабочую обменную емкость при снижении удельных расходов реагентов; уменьшить суммарное время затрачиваемое на регенерацию и расход воды на собственные нужды; обеспечить требуемое высокое и стабильное качество обессоленной воды при работе в одной ступени ионирования.

С целью поиска наиболее эффективных ионообменных материалов для обработки природной воды р. Ангары исследованы материалы, предлагаемые на российском рынке зарубежными производителями. В табл. 1 приведены экспериментально определенные на лабораторной установке, технологические параметры новых для теплоэнергетики материалов и для сравнения, традиционно используемых: катионита КУ-2-8 и анионита АВ-17-8.

Экспериментально установлено, что иониты КУ-2-8 и АВ-17-8 требуют высокого расхода воды на собственные нужды и быстро безвозвратно загрязняются органическими веществами и окислами железа, что приводит к удержанию регенеранта, большим объемам отмывочных вод, снижению срока службы.

Таблица 1 - Технологические параметры испытанных материалов по схеме обессоливания с противоточной технологией регенерации*

Показатель/ Материал	Оптимальный расход реагентов (H ₂ SO ₄ , NaOH) на регенерацию, кг/м ³	Расход обессоленной воды на отмывку, м ³ /м ³	Обменная емкость материала, г·экв/м ³	Удельный расход (H ₂ SO ₄ , NaOH) на регенерацию, г·экв/г·экв
Катиониты S-100	80	5,7	560	2,9
S-100+CNP-80***	80	5,6	1300	1,2
IR120	80	5,3	498	3,3
КУ-2-8	80	6,1	550**	3,1
Аниониты М-500	60	16,4	798	1,9
М-500+MP-64***	50	11,4	910	1,3
IRA402+IRA96***	50	16	992	1,2
IRA402	60	12,5	1150	1,3
АВ-17-8	60	25,8	510**	2,5

* Результаты, полученные при ограниченном фильтроцикле по качеству обессоленной воды (Na = 80 мкг/дм³, SiO₂ = 100 мкг/дм³)

**Для свежих материалов. В течение несколько фильтроциклов емкость постоянно снижается.

***Соотношения S-100:CNP-80=45:55, М-500:MP-64=88:12, IRA402:IRA96=88:12.

Наиболее эффективными, лишенными выше-названных недостатков, пригодными для обессоливания мало-минерализованной воды р. Ангары являются:

- двухслойная загрузка слабо кислотного и катионитов CNP-80 и S-100mp в соотношении 45:55;

- двухслойная загрузка среднеосновного и высокоосновного анионитов Мр-64 и М-500mp в соотношении 88:12.

Оптимальным вариантом является обессоливание воды по схеме Н-ОН- ионирования без декарбонизатора, при этом обеспечиваются равные фильтроциклы и избытки реагентов, низкие расходы реагентов и сточных вод.

С целью решения проблем утилизации регенерационных и отмывочных вод предложено в процессе регенерации заменить серную кислоту и гидроксид натрия на азотную кислоту и гидроксид калия.

Изучено влияние регенерации азотной кислотой и гидроксидом калия на статическую и динамическую обменную емкость, определены удельные расходы реагентов на регенерацию, а также осмотическую стабильность катионитов и анионитов. Установлено, что предлагаемые новые регенеранты (HNO₃, KOH) не оказывают влияния на осмотическую стабильность, она сохраняется на уровне 98-99%, что соответствует требованиям стандартов.

Обменная емкость анионита АВ-17-8 при регенерации гидроксидом калия повышается незначительно на 1,5%, а обменная емкость катионита КУ-2-8 на 10-15% при обработке азотной кислотой.

Определены оптимальные расходы реагентов (табл. 2) и установлено, что при регенерации ионитов по предлагаемой противоточной схеме с использованием (HNO₃, KOH), фактическая обменная емкость при обработке воды р. Ангары превышает фактические данные традиционных прямоточных схем обессоливания с традиционными реагентами, применяемыми в Иркутскэнерго в среднем на 46%, а удельные расходы реагентов могут быть снижены на 40-50%.

Таблица 2 - Оптимальные удельные расходы азотной кислоты и гидроксида калия на противоточную регенерацию*

Степень очистки	Материал	Реагент	Удельный расход, г-экв/г-экв
Н-катионирование	КУ-2-8	HNO ₃	2,0
ОН-анионирование	АВ-17-8	KOH	3,0
Н-катионирование	S-100mp+CNP-80	HNO ₃	1,2
ОН-анионирование	M-500tp+MP-64	KOH	1,2

*Результаты, полученные при ограниченном фильтроцикле по качеству воды, (Na= 80 мкг/дм³, SiO₂=100 мкг/дм³)

Установлено, что при противоточном режиме регенерации на двухслойных загрузках катионитов S-100mp и CNP-80 и анионитов M-500tp и MP-64 оптимальные удельные расходы азотной кислоты и гидроксида калия не превышают 1,2 г-экв/г-экв, тогда как для КУ-2-8 и АВ-17-8 расходы реагентов 2,0 и 3,0 г-экв/г-экв, при обработке обессоленной воды одного качества.

Для оценки возможности утилизации регенерационных растворов в качестве удобрений были проведены полевые испытания на полях учхоза «Молодежный» Иркутского района. Регенерационные сточные воды вносили непосредственно под зерновые культуры путем полива или в виде сухих солей, выделенных из сточных вод выпариванием.

В настоящей работе изучены удобрительные свойства регенерационных растворов, полученных на опытно-промышленной установке на Ново-Иркутской ТЭС.

При внесении в почву полного удобрения (содержащего азот, фосфор и калий) урожай повышается в 1,5 – 2 раза. В среднем прибавка урожая от применения составляет ~40%. [3]

Количество вносимых удобрений на 1 га посевной площади в сельскохозяйственной практике колеблется в следующих пределах: азотные – от 30 до 300 кг N; фосфорные – от 45 до 200 кг P₂O₅; калийные – от 40 до 250 кг K₂O.

Микроудобрения вносятся в почву в незначительных количествах. Например, для повышения урожая волокна и семени льна на заболоченных и известковых почвах на 30% достаточно внести 0,5 кг бора на 1 кг.

Внесение удобрений не только повышает количество усвояемых растениями питательных веществ в почве, но влияет и на физические, физико-химические и биологические свойства почвы, от которых также зависит ее плодородие. Потребность сельского хозяйства Иркутской области в удобрениях составляет 11760 т, которые большей частью являются завозными. Замена режима регенерации ионитовых фильтров позволяет получать сточные воды обессоливающих установок по химическому составу близкие к удобрительным смесям.

В табл. 3 приведен химический состав сточных вод, полученный в условиях регенерации по предложенной авторами схеме.

Таблица 3 - Состав сточных вод, полученный в условиях регенерации ионитных фильтров HNO₃, KOH

Расход реагентов на регенерации, г-экв/г-экв / содержание компонента	1,5	1,3	1,2	1,1
<i>По ионному составу</i>				
Ca ⁺²	4082	4551	4828	5142
Mg ⁺²	934	1041	1105	1176
Na ⁺	1174	1308	1388	1478
SO ₄ ⁻²	1943	2057	2119	2184

Расход реагентов на регенерации, г-экв/г-экв / содержание компонента	1,5	1,3	1,2	1,1
Cl ⁻	784	830	855	881
HCO ₃ ⁻	22896	24236	24966	25742
SiO ₂ ⁻²	2429	2571	2648	2731
Расход реагентов на регенерации, г-экв/г-экв / содержание компонента	1,5	1,3	1,2	1,1
NO ₃ ⁻	6791	4543	3213	1711
K ⁺	6064	3851	2645	1363
По солевому составу, г/м³				
CaCO ₃	10205	11378	12071	12854
MgCO ₃	3230	3601	3821	4068
NaCO ₃	5019	4474	4098	3631
K ₂ SO ₄	3522	3728	3840	3959
KCl	1647	1743	1796	1852
Na ₂ SiO ₃	2469	2614	2692	2776
KNO ₃	10887	7283	5151	2743
NaNO ₃	897	1194	1378	1595

Испытания провели на светлосерых лесных почвах опытной деляны учхоза "Молодежный" ИрГСХА и вносили химзагрязненные сточные воды поливом после посева зерновых культур:

- овса сорта "Крупнозерный" (потенциальная урожайность 50 – 60 ц/га, период вегетации 88 – 93 дня, масса 1000 зерен 42 – 43 г.);
- ячменя сорта "Ниван" (потенциальная урожайность 50 – 70 ц/га, период вегетации 65 – 83 дня, масса 1000 зерен 36 – 43 г.);

- пшеницы сорта "Ангара-86" (потенциальная урожайность 50 – 70 ц/га, период вегетации 70 – 80 дней, масса 1000 зерен 32 – 40 г.).

В табл. 4 приведены результаты оценки урожайности и масса 1000 зерен при поливе сточными водами с разными условиями регенерации и соотношением N/K в химзагрязненных водах.

Таблица 4 - Расчет урожайности и массы 1000 зерен зерновых культур агрохимических испытаний 1998 г.

Опыт	Соотношение N/K кг/га	Урожайность, ц/га			Масса 1000 зерен, г		
		овса	ячменя	пшеницы	овса	ячменя	пшеницы
Контроль 1		101	43	17	43	48	30
1	30/60	86,4	77,4	29,3	43	41	30
2	60/40	47,9	81,8	25,6	40,1	46,9	28,9
3	45/40	93,2	30,8	58,2	43,7	62,2	28,7
4	60/50	73,9	71	25,9	35,8	43,2	31,1
5	60/60	87,6	69,9	20,8	45,1	41,5	27,6
6	60/30	100,1	81,3	14,7	49	41,8	26
7	30/60	81,7	59,1	16,4	44,2	38,4	21,9
8	60/40	97,9	134,9	12	42,2	35,8	43,7
9	45/40	110,1	50,8	40,7	44,5	50,7	31
10	60/50	117,4	68,1	21,5	44	61,6	43,7
11	60/60	126,5	65,1	26,4	46,5	45,8	23,9
12	60/30	152,2	80,7	32,4	50,4	42,3	44,4
13	30/60	145,1	71	27,9	59	43,9	29,5
14	30/60	156,9	77,5	23,9	47,9	48	29,1
15	30/60	122,8	62	41,3	35,3	43,8	27,7
16	30/60	128,5	64	18,3	42	48,3	29,2
Контроль 2		142	43	18	52	43	25

Установлено, что во всех случаях наблюдается повышение урожайности и массы 1000 зерен в пределах от 35 до 125% по сравнению с контролем.

При этом наиболее эффективна схема регенерации без декарбонизатора, оптимальный вариант удобрения для зерновых соотношение N:K 30:60, удельный расход реагентов HNO_3 :KOH на регенерацию 1,3 г-экв/г-экв. В этой схеме урожайность овса увеличивается на 20%, ячменя на 60%, пшеницы на 65% по сравнению с контролем, а масса 1000 зерен на 13, 20 и 18% соответственно. Рекомендуемый режим внесения удобрений – двукратный полив после посева из расчета 10 м³/м². Автор признателен Новиковой Л.Н., Марковой Т.А. за помощь в организации работ по разработке и опробованию технологии.

Возможен вариант внесения гранулированных удобрений, выделенных из сточных вод упариванием из расчета азота 80 кг/га, калия 330 кг/га.

Таким образом, инновационная технология обессоливания воды на ВПУ ТЭС: с применением противоточной технологии регенерации ионитовых фильтров при обессоливании слабоминерализованной воды с использованием на ступени Н-катионирования двухслойной загрузки слабокислотного и сильнокислотного катионов CNP-80, S-

100mp, взамен КУ 2-8, для ступени OH-анионирования двухслойной загрузки среднеосновного и высокоосновного анионитов МР-64, М-5000mp, взамен АВ-17-8 и использованием для регенерации ионитовых фильтров на теплоэнергетических предприятиях азотной кислоты гидроксида калия вместо традиционного используемых серной кислоты и гидроксида натрия позволяет рекомендовать утилизацию сточных вод ВПУ в качестве удобрений. Сдерживающим моментом в реализации технологии могут быть пока еще не проработанные вопросы профессиональных рисков при обращении с азотной кислотой.

Библиографический список

1. Хаски М.Я., Тимофеева С.С., Маркова Т.А. Сточные воды водоподготовительных установок ТЭС и проблемы их утилизации // Энергоснабжение и водоподготовка. – 2000. - № 4. – с. 26-30.
2. Тимофеева С.С., Хаски М.Я., Маркова Т.А. Сточные воды водоподготовительных установок и проблемы их утилизации // Экологическая безопасность Восточно-Сибирского региона. – Иркутск: ИрГТУ. – 2003. – с. 159 – 165.
3. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. и др. Агрохимия. – М.: Агрохимиздат. – 1989. – 639 с.

УДК 628.35

АНАЛИЗ МИРОВОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ НА ВОДОСНАБЖЕНИЕ THE ANALYSIS OF THE GLOBAL PRICING FOR WATER SUPPLY

Широкова М.В., Денисов С.Е., Мысин И.Д.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В работе был произведен анализ тарифов на услуги водоснабжения в различных странах мира. На основе состояния сетей водоснабжения в РФ и проведенного соцопроса на тему удовлетворенности услугами водоснабжения были предложены мероприятия по реконструкции существующей инфраструктуры. Также была рассчитана и обоснована надбавка к существующему тарифу на водоснабжение.

Abstract. In the work was the analysis of tariffs for water supply services in various countries around the world. Based on the state of water supply in the Russian Federation and conducted public opinion poll on the topic of satisfaction with water services have been proposed reconstruction of the existing infrastructure. Also was calculated and justified addition to the existing tariff for water supply.

Ключевые слова: ценообразование, тарифы, водоснабжение, инфраструктура, методы ценообразования, финансы, себестоимость.

Keywords: pricing, tariffs, water, infrastructure, pricing methods, Finance, cost.

Обеспечение людей во всем мире водой и санитарией – это грандиозная задача, для решения которой нужны деньги. Вопрос о том, кто лучше всего справляется с этой задачей – государство или частный сектор, активно обсуждается специалистами по формированию политики, экспертами и гражданскими группами. Ниже приводится информация, имеющая определенное отношение к предмету этих споров, и излагаются основные аргументы их участников [2].

Для обеспечения безопасной питьевой водой и санитарией всех, кто лишен сегодня этих благ, требуются значительные инвестиции, общемировой объем которых, по оценкам, должен достигать 14-30 млрд. долл. США в год в дополнение текущим среднегодовым ассигнованиям в размере 30 млрд. долл. США. Как и в случае с другими инфраструктурными

услугами, например электроснабжением, электро-связью и транспортом, большинство развивающихся стран опираются на государственное коммунальное хозяйство, финансирующее водопроводные и канализационные сети и обеспечивающее их функционирование. Тем не менее, в связи с ограниченностью финансовых и людских ресурсов государственный сектор зачастую работает с низкой производительностью, а предоставляемые им услуги отличаются низким качеством и недостаточностью охвата. По данным Всемирного банка только техническая неэффективность систем энергоснабжения, водоснабжения, автодорожных и железнодорожных сетей в начале 90-х годов XX века нанесла мировой экономике ущерб оцениваемый в 55 млрд. долл. США в год, что равно 1 проценту ВВП всех развивающихся стран вместе взятых, составляет четвер-

тую часть ежегодного объема их инвестиций в развитие инфраструктуры и в два раза превышает ежегодные расходы на финансирование сооружения и эксплуатации инфраструктуры.

Распространено мнение, согласно которому вода считается общим достоянием и базовой потребностью, которую лучше всего и с весьма невысокими расходами может удовлетворять государственный сектор. Поэтому потребителям редко приходится полностью оплачивать себестоимость воды. Даже там, где промышленные пользователи платят по существующим тарифам, такие тарифы обычно рассчитываются на основе средних затрат и без учета реальной стоимости внешних факторов, таких, как необходимость очистки сточных вод, а также издержек неиспользованных возможностей, например выгод, утраченных из-за невозможности альтернативного использования водных ресурсов. Основным результатом применения этого подхода является значительная недооценка и нерациональный расход воды, несмотря на все больший дефицит водных ресурсов во всем мире. Не получая компенсации за понесенные расходы, правительства развивающихся стран обычно не могут изыскать достаточно средств для расширения сетей услуг в целях охвата ими всех нуждающихся, и лишены таких услуг неимущие нередко вынуждены прилагать значительные усилия для доставки в дом воды и, рискуя собственным здоровьем, использовать небезопасные ее источники [3]. Некоторые сторонники приватизации систем водоснабжения и санитарии утверждают, что благодаря ей можно решить некоторые из вышеупомянутых проблем. В настоящее время частный сектор обеспечивает водой лишь 7 процентов мирового народонаселения. Предполагается, что к 2015 году этот показатель увеличится более чем вдвое. Сегодня объем услуг, предоставляемых частным сектором в сфере управления водными ресурсами, оценивается в 200 млрд. долл. США в год, однако согласно прогнозам Всемирного банка к 2021 году этот показатель достигнет 1 трлн. долл. США.

Аналитическое агентство Global Water Intel провело исследование динамики тарифов на водоснабжение и канализацию в 30 городах мира. Средний суммарный тариф на водоснабжение и канализацию составил 2,03 доллара США за куб.м, причем за год тарифы на водоснабжение в сред-

нем в мире выросли на 6,8%, однако за этими цифрами совершенно разная динамика роста и абсолютно разные подходы к их расчету.

Самые высокие тарифы на воду – 5,68 долларов за кубометр в Архусе (Дания), общая сумма за кубометр воды и стоков составляет 10 долларов. В странах, из которых для исследований было взято несколько городов, наблюдался очень большой разброс тарифов. Так, в США минимальный тариф составлял 0,53\$, а максимальный – 3,14\$.

Бесплатное центральное водоснабжение в Корке, Белфасте, Дублине (Ирландия) и Ашгабаде (Туркменистан). Однако эксперты полагают, что продолжающееся влияние последствий мировой рецессии на экономику Ирландии, скорее всего, вынудит правительство сделать водоснабжение платным. Эксперты отметили сильные отличия в методологии расчета тарифов, часто зависящие от местных традиций и обычаев. В странах Латинской Америки, например, тарифы устанавливаются в зависимости от доходов домохозяйств, в Израиле они зависят от поставщика услуг и количества членов семьи, во Франции – от рейтинга города, т.е. чуть ли не от его почтового индекса. В Турции тарифы корректируются вслед за инфляцией ежемесячно.

Специалисты смогли выделить три основные причины, влияющие на формирование тарифов:

1. Возраст и состояние инженерных сетей и стоимость рабочей силы.
2. Стоимость обслуживания оборудования и замены комплектующих.
3. Доступность источников водоснабжения и местные подходы к ценообразованию.

Политические причины, влияющие на ценообразование, зачастую вынуждают власти удерживать тариф на уровне ниже себестоимости, что постепенно приводит к снижению эксплуатационных расходов, а, следовательно, и к ухудшению обслуживания и износу оборудования.

По мнению специалистов, структура экономически обоснованного тарифа должна быть следующей:

- 30% - затраты на электроэнергию;
- 30% - фонд заработной платы и социальные отчисления;
- 40% - амортизационные и прочие затраты.

Таблица 1 – Тарифы на водоснабжение и водопотребление

№ п/п	Страна	Тариф на воду, \$ / куб.м	Тариф на канализацию, \$ / куб.м	Водопотребление на одного человека в день, л
1	Дания	4,32	4,52	114
2	Австралия	3,14	2,65	605
3	Германия	3,33	2,02	151
4	Великобритания	2,07	2,19	139
5	Польша	1,44	1,68	149
6	США	1,29	1,69	616
7	Япония	1,48	1,08	373
8	Италия	0,94	0,87	483
9	Россия	0,61	0,39	368
10	Китай	0,34	0,12	95
11	Украина	0,65	0,42	370

Приведенные данные в таблице 1 показывают, что во всем мире определенно наблюдается тенденция к увеличению тарифов на водоснабжение и канализацию, причем не зависящая ни от региона, ни от уровня развития страны, ни от формы собственности предприятий, на балансе которых эти системы находятся. Стремление к повышению качества воды и уровня сервиса, требует инвестирования, как в капитальное строительство, так и обслуживание уже существующего оборудования, что, в свою очередь, неизбежно ведет к повышению тарифов.

В российской Федерации основным законом в сфере установления тарифов на воду и канализацию, является 210-ФЗ [1]. Однако данный закон очерчивает общие рамки, но не отвечает на вопрос как рассчитать тариф? Основой в этом случае служат Методические указания по расчету тарифов и надбавок в сфере деятельности организаций коммунального комплекса, утвержденные приказом Минрегиона от 15.02.11г. №47 и уже упоминавшееся Постановление Правительства РФ №520.

Согласно данным документам тарифы и надбавки устанавливаются для финансирования реализации производственной и инвестиционной программ. Основы ценообразования предполагают использование по выбору регулирующего органа одноставочных и двухставочных тарифов на горячую, холодную воду, водоотведение и очистку сточных вод. Документы допускают дифференциацию тарифов с учетом различий в стоимости производства и реализации для различных категорий потребителей, однако если тарифы для одной категории потребителей не покрывают расходы организации, то компенсировать разницу за счет других категорий запрещено.

В соответствии с данными методическими рекомендациями для предприятия, оказывающего услуги водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод рассчитывают тариф на холодную, горячую воду; тариф на водоотведение и очистку сточных вод.

Этими же указаниями определены методы регулирования, но которые сводятся, по сути, к определению экономически обоснованных затрат, т.е.

мы говорим о затратных методах ценообразования. В свою очередь экономически обоснованные затраты определяется как «экономическая оправданность затрат, оценка которых выражена в денежной форме» (п. 1 ст. 252 НК РФ). Кроме того при определении суммы экономически обоснованных затрат учитываются мероприятия учтенные в производственной программе предприятия.

Итак, тариф на услуги водоканалов – это весьма сложное образование, имеющее пределы роста, основу которого составляют постоянные издержки. В трансформационный период для водоканалов формируются высокие риски финансирования инвестиций за счет банковских кредитов, поскольку сохраняется социальный фактор ограничения роста тарифов, а также отсутствуют гарантии возврата средств в тарифах следующих периодов из-за явно некоммерческого характера инвестиционных проектов.

Необходимость инновационного обновления основных фондов обусловлена требованием надежности и экологической безопасности деятельности предприятий, оказывающих данный вид услуг. Финансирование инвестиций в этот период должно осуществляться за счет фиксированной в тарифе и переносимой на себестоимость части постоянных затрат, называемой инновационной надбавкой или инновационной премией [4].

Расхожим мнением среди населения нашей страны является мнение о том, что вода у нас дорогая. Аргументом этого мнения является то, что заработная плата у нас значительно ниже, чем в развитых странах.

Проанализируем соотношение тарифа на воду со средней зарплатой населения разных стран (таблица 2).

Как видно из диаграммы (рис.1) большинство стран имеют тарифы выше, чем в РФ. Исключения составляют США, Япония и Италия. Из чего можно сделать вывод, что население РФ тратит в процентном соотношении примерно столько же, сколько среднестатистический европейский житель.

Проанализируем, сколько рублей тратят в день жители разных стран на водоснабжение (рис.2).

Таблица 2 – Соотношение тарифа на воду со средней заработной платой населения разных стран

Страна	Тариф на воду,	Средняя заработная плата	Уровень тарифа от РФ
	Руб / куб.м	в рублях	
Дания	151,76	141 503,64	1,27
Австралия	110,31	131 667,24	0,99
Германия	116,98	99 207,12	1,40
Великобритания	72,72	80 904,39	1,06
Польша	50,59	34 532,79	1,73
США	45,32	124 395,33	0,43
Япония	51,99	81 255,69	0,76
Италия	33,02	83 187,84	0,47
Россия	21,43	25 363,86	1,00
Китай	11,94	13 208,88	1,07
Украина	22,83	15 176,16	1,78
Нидерланды	71,31	93 832,23	0,90



Рисунок 1- Уровень тарифа от зарубежных стран от уровня тарифа РФ

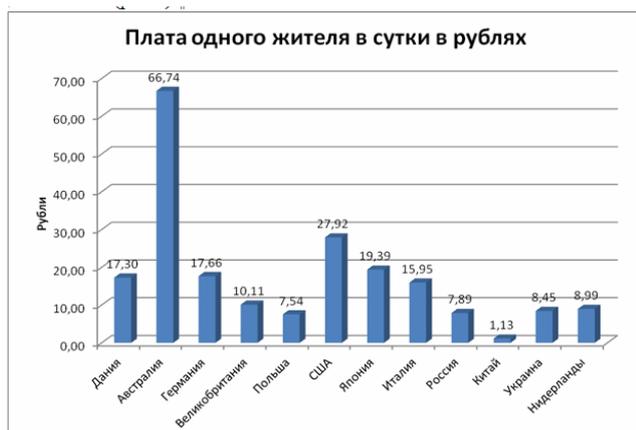


Рисунок 2 – Плата одного жителя в сутки разных стран в рублях

Представленный аналитический материал позволяет сделать вывод о том, что тарифы на воду в Российской Федерации не превышают мировые.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. N 210-ФЗ "Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг" (с изменениями и дополнениями). Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru>
2. Денисов, С.Е. Совершенствование правовых и экономических элементов хозяйствования на водных объектах области \ \ Пятая международная конференция «АКВАТЕРРА-2001»-Санкт-Петербург, 2002. – С.50.
3. Денисов, С.Е. Пути совершенствования системы управления водохозяйственной отраслью области \ \ Пятый международный конгресс «Вода: экология и технология». – Москва, 2002. – С.550-551.
4. Денисов, С.Е., Горюшкин, Н.В. Анализ функций системы управления водным хозяйством \ \ Материалы научно-практической конференции, посвященной Международному дню воды «Эколого-водохозяйственные проблемы региона Южного Урала», г.Уфа, 2002. – С.54-56 (соавтор Горюшкин Н.В.).

УДК 628.355.2

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД THE ANALYSIS OF THE MECHANISM OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

Денисов С.Е., Маршалов О.В., Максимов С.П.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Обоснована актуальность метода биологической очистки. Рассмотрены стадии, фазы процесса и классификация активного ила по группам. Предложена гипотеза повышения эффективности процесса очистки за счет трансформации активного ила из стадии отмирания в стадию экспоненциального роста.

Abstract. The urgency of the method of biological treatment. Considered stage, phase of the process and classification of activated sludge in groups. Given the hypothesis of the efficiency of the cleaning process due to the transformation of activated sludge from the stage of dying in a stage of exponential growth.

Ключевые слова: стадии биологической очистки, фазы развития микроорганизмов, группы активного ила, определение фазы активации.

Keywords: biological treatment stage, phase development of microorganisms, the group of activated sludge, determination of the activation phase.

В своей жизнедеятельности человек активно использует водные ресурсы, как для удовлетворения потребностей в быту, так и при реализации различных технологических процессов. Очистка сточных вод является актуальной задачей, решаемой на этапах строительства и эксплуатации очистных сооружений. При этом значительные объемы сточных вод и высокие требования к показателям качества очистки требуют комплексного решения задач и подходов в водоотведении.

Биологическая очистка [2] является эффективной, экологически чистой и менее затратной, по сравнению с другими методами. Однако для поиска оптимального решения конструктивных и технологических задач необходимо четко представлять механизмы и стадии рассматриваемого сложного биологического процесса.

Процесс биологической очистки можно представить в виде трех стадий. Первая стадия характерна значительным изъятием загрязняющих ве-

ществ в момент подачи активного ила в сточные воды. Это объясняется огромной удельной площадью поверхности ила – 105 м²/кг. Очистка в этот период осуществляется за счет массообменных процессов в системе «активный ил – биологические загрязнения» и зарождающемуся процессу биоокисления легкоразлагающейся органики. На этой стадии за период от 0,5 до 2,0 часов содержание органических загрязнений, определяемых показателем БПК₅, снижается на 50 – 60% [3].

Вторая стадия продолжает процесс сорбции органических загрязнений и запускает механизм активного окисления экзоферментами, которые выделяются активным илом в процессе переработки биомассы. Эта стадия характеризуется снижением потребления кислорода, чем в начальный момент, и в воде постепенно накапливается растворенный кислород. В результате протекания донных процессов экзоферментами окисляется порядка 75% органических загрязняющих веществ, характеризуемых показателем БПК₅. Состав сточных вод определяет длительность второй стадии, которая может составлять от 2 до 4 часов.

На третьей стадии эндогенного питания окисление осуществляется эндоферментами, находящимися внутри клетки. При этом в биомассе протекают процессы доокисления сложноокисляемых соединений, превращение азота аммонийных солей в нитриты и нитраты, а также регенерация активного ила. Скорость потребления кислорода вновь возрастает. Процесс осуществляется в аэротенках для бытовых 6 – 8 часов и 10 – 20 часов при совместной очистке бытовых и производственных сточных вод [1]. Процесс эндогенного питания зависит от объема органики, возрастом активного ила и времени нахождения его в аэротенках.

Выделение полисахаридного геля на поверхности бактериальных клеток во время третьей стадии ведет к образованию скоплений микроорганизмов (флоккул). Эффективность и качество биологической очистки определяется структурой и биологическими свойствами хлопьев ила. Хлопья ила с плотностью 1,1 – 1,37 г/см³ и размером от 53 до 212 мкм представляют нормально протекающий процесс очистки. Эффективность биологической очистки может быть достигнута только в том случае, если активный ил находится во флокулированном состоянии. Таким образом, качество очищенной воды определяется способностью ила к флокуляции.

Активный ил, в зависимости от удельной нагрузки на очистные сооружения, биологического состава очищаемых вод, подразделяется на следующие группы.

Очистные сооружения с высокими удельными нагрузками (400 – 600 мг БПК/грамм активного ила) образуют первую групп активного ила, работающего в режиме неполного окисления. При этом формируется биоценоз с бедным видовым составом.

Вторая группа обеспечивает полное окисление растворенных органических веществ (нагрузка на ил составляет 250 – 300 мг/г). Такой вид работы характерен для очистки сточных вод смешанного состава – бытовых и производственных. Поликомпонентное загрязнение вод обеспечивает высокий уровень приспособленности биоценоза в значи-

тельном диапазоне непрерывно меняющихся условий. Состав активного ила данной группы разнообразен по видам и динамично реагирует на изменяющиеся внешние условия. При этом, как правило, в нем не наблюдается численного превосходства одного из видов простейших или такое доминирование минимально.

Третья группа характерна для очистных сооружений, работающих при удельных нагрузках 80 – 150 мг/г, что обеспечивает полное окисление и нитрификацию азотосодержащих загрязнений. При низких нагрузках на активный ил и развитом процессе нитрификации наблюдается полное окисление поступающих на очистку растворенных органических веществ, что создает условия формирования экологически совершенного биоценоза – нитрифицирующего активного ила. Активный ил данной группы характеризуется значительными размерами, наполненный пузырьками газа. При этом наблюдается самопроизвольная флотация ила, вызванная процессами денитрификации [3].

Низконагружаемый ил, определяемый богатым видеобразом простейших, динамично реагирует на изменяющиеся внешние условия для устойчивой и эффективной водоочистки. В этом случае, даже при воздействии высококонцентрированных промышленных стоков, биоценоз сохраняет свою структуру, целостность популяций и высокий уровень ферментативного окисления.

При определении зависимостей роста микроорганизмов в гетерогенной культуре оценивают биомассу по сухому веществу. Рост определяется кривой, которая характеризуется наличием нескольких фаз развития, каждая из которых характеризуется специфическими условиями существования биокультуры.

Фаза I – начальная фаза роста микроорганизмов – носит название лаг-фазы (lag phase) (рис. 1). В лаг-фазе можно выделить два периода. Первый период определяет адаптацию клетки к внешним условиям, активно синтезируя адаптивные ферменты. Этот участок кривой характеризуется незначительным приростом биомассы за счёт увеличения размеров клеток. Второй период лаг-фазы имеет более значительный рост, достигая к концу первой фазы максимального значения.

Фаза II – экспоненциального или логарифмического роста. Фаза характеризуется неограниченным количеством питательных веществ. Молодые и биологически активные клетки имеют ярко выраженные видовые признаки. Удельная скорость роста μ этой фазы определяется по зависимости:

$$\frac{dX}{dt} = \mu X_0 e^{\mu t}$$

где X и X_0 – концентрация биомассы в моменты времени 0 и t ;

μ – удельная скорость роста биомассы.

Фаза III – фаза замедления роста. На данном участке интенсивность деления клеток снижается, в связи со снижением количества питательных веществ. Одновременно в окружающей среде накапливаются токсичные продукты обмена.

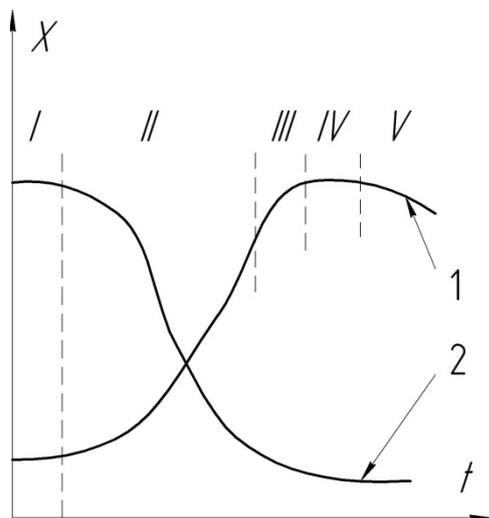


Рис.1 - Закономерности роста статической культуры:
1 – рост культуры во времени;
2 – кривая потребления субстрата.

Фаза IV – стационарная фаза – характеризуется истощением запаса питательных веществ. Плато на кривой роста соответствует нижней точке на кривой 2 удаления субстрата. Если клетки, находящиеся на начальной стадии стационарного роста, перенести в среду, богатую питательными веществами, может начаться экспоненциальный рост культуры без лаг-фазы. Однако при значительном отсутствии по времени источников питания нарушается метаболизм клеток, имеющих место в стационарной фазе.

Фаза V – экспоненциальная фаза отмирания клеток. В начальный период данной фазы значительная популяция клеток ещё жива и использует в качестве источника питания эндогенные субстраты. Этот процесс носит название эндогенного дыхания. В начальный период клетки окисляют запа-

сенные вещества, а в конечный – клеточные липиды, углеводы и белки. Явление самоокисления клеточного вещества приводит к уменьшению биомассы. В V фазе клетки характеризуются более мелкими размерами, но высокой устойчивостью к химическим и физическим возмущениям со стороны окружающей среды.

Как было показано выше, наивысшая скорость роста микроорганизмов активного ила и активное потребление ими субстрата наблюдаются в V экспоненциальной фазе. Здесь же наблюдается и максимальная биохимическая активность ила. Очевидно, процесс очистки сточной воды будет осуществляться интенсивнее при условии поддержания экспоненциальной фазы развития бактериального населения активного ила. Повышенная устойчивость микроорганизмов в данной стадии к физическим и химическим воздействиям окружающей среды обеспечит им высокую жизнеспособность после направленного воздействия. Таким образом, разработка методов и устройств активации активного ила в данной стадии является экономически оправданной и перспективной с точки зрения повышения эффективности процесса биологической очистки сточных вод.

Библиографический список

1. Макаренко Э.Н. Использование симбиоза микробных ассоциаций для интенсификации биологической очистки сточных вод / Э.Н. Макаренко, Н.И. Кастирной, Н.В. Смолина. Ставрополь: Изд-во СевКавГТУ, 2003. – С. 32-36.
2. Максимов, С.П. Обзор методов биологической очистки сточных вод / С.П. Максимов, А.И. Алексеев // Технические науки – от теории к практике: Издательство НП «СибАК» (Новосибирск) № 41, 2014. – С. 95-101.
3. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / М. Хенце, П. Армозс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арван. М.: Мир, 2004. – 480 с.

УДК 628.1

ВОДОСНАБЖЕНИЕ БАЗЫ ОТДЫХА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

RECREATION FACILITY WATER SUPPLY BASED ON MEMBRANE TECHNOLOGY

Чудинов М.П., студент; Белканова М.Ю., к.х.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Интенсивное развитие региональных мест отдыха предполагает обеспечение отдыхающих кондиционной питьевой водой. Разработан проект водоснабжения базы отдыха с использованием тонкой очистки воды методом микро- и ультрафильтрации воды с использованием керамических трубчатых фильтрующих элементов с наружным селективным слоем (мембран).

Abstract. Local recreations intensive development contemplates availability of potable water. We proposed project of recreation facility water supply with microfiltration and ultrafiltration. We applied ceramic tubular filtering elements with external selective layer (membranes).

Ключевые слова: водоснабжение, питьевая вода высокого качества, микрофильтрация, ультрафильтрация

Keywords: water supply, drinking high quality water, microfiltration, ultrafiltration, membrane technology

Озеро Увильды находится на территории Челябинской области и расположено на восточном склоне Уральского хребта, у подножия гор Юрма и Черемшанка. Питается озеро за счет поверхност-

ного стока и подземных источников. Озеро Увильды – место отдыха и оздоровления южноуральцев и гостей региона – в последнее время испытывает интенсивную антропогенную нагрузку в связи со

строительством баз отдыха, санаториев. Поэтому необходимо не только предусмотреть системы и устройства жизнеобеспечения для комфортного проживания гостей, но и минимизировать антропогенное воздействие на источник.

В южной части озера Увильды, западнее турбазы "Красный Камень", запроектирован 7-9 этажный, трехсекционный жилой корпус, рассчитанный на одновременное проживание 330 человек. В цокольном этаже здания жилого корпуса расположена столовая, рассчитанная на 50 посадочных мест, режим работы столовой 12 часов в сутки. Кроме того, в цокольном этаже запроектировано 6 бассейнов общим объемом 88 м³. Во второй половине цокольного этажа расположен гараж, рассчитанный на 58 машиномест.

Водоснабжение жилого корпуса, согласно техническим условиям, осуществляется из озера Увильды. Водозаборные сооружения запроектированы с применением раструбного водоприемника затопленного типа, установленного на железобетонной плите. Забор воды осуществляется водоприемными окнами, оборудованными рыбозащитными устройствами в виде плоских кассет с объемным фильтром. В качестве фильтрующего заполнителя насыпных кассет использован щебень фракций 25-30 мм. Количество секций водоприемника - 2 штуки. Каждая секция состоит из раструба и всасывающего трубопровода диаметром 200 мм.

Подача воды от водоприемника к насосной станции I подъема осуществляется по двум ниткам всасывающих трубопроводов диаметром 200 мм, рассчитанных на пропуск 100% расчетного расхода воды. Промывка водоприемника и всасывающих трубопроводов осуществляется обратным током воды.

Изготовление водоприемника осуществляется на берегу или в заводских условиях.

В соответствии с требованиями [1] граница первого пояса зоны санитарной охраны установлена на расстоянии 100 м по акватории во всех направлениях.

В проекте предусмотрена прокладка следующих систем трубопроводов: всасывающих трубопроводов, выполняющих забор воды из озера; напорных трубопроводов, подающих озерную воду на очистку для хозяйственно-питьевых нужд базы отдыха; напорных трубопроводов, подающих неочищенную озерную воду, на наружное и внутреннее пожаротушение. Запроектирована монолитная железобетонная водопроводная насосная станция в подземном исполнении. Машинный зал насосной рассчитан на установку двух насосов хозяйственно-питьевого назначения и двух – противопожарного назначения. Запроектированные насосы - высоконапорные центробежные, с вертикальным валом фирмы Wilo. Предусмотрен гидропневматический бак объемом 400 литров, поддерживающий постоянное давление в системе пожаротушения при отсутствии водоразбора. Насосная станция работает в автоматическом режиме без постоянно-

го обслуживающего персонала. Дежурный диспетчер находится в здании жилого корпуса, куда на пульт управления поступают все рабочие и аварийные сигналы.

Станция водоподготовки размещается в помещении цокольного этажа жилого корпуса и имеет расчетную производительность 5 м³/час. Качественный состав воды представлен в таблице.

В целом вода в источнике отличается низкой цветностью и мутностью, низкой минерализацией, удовлетворяет требованиям [2] по основным химическим показателям. Для поддержания стабильно высокого качества воды для хозяйственно-питьевых нужд по органолептическим свойствам (мутность, цветность, запах, привкус) предусмотрена тонкая очистка воды методом микро- и ультрафильтрации воды с использованием керамических трубчатых фильтрующих элементов с наружным селективным слоем (мембран). Предложенные мембранные методы позволяют эффективно удалять из воды частицы с размером более 0,1 мкм (микрофильтрация) и 1–100 нм (ультрафильтрация) [3]. Применение нанофильтрации и обратного осмоса в технологической схеме в данном случае нецелесообразно, поскольку регулирования солевого состава воды не требуется, а деминерализованная вода не может быть использована в качестве питьевой без искусственной минерализации [4].

Проектом предусмотрена установка подготовки воды для питьевых нужд с использованием микро- и ультрафильтрационных мембран, разработанная ООО "Генос", г. Москва, производительностью 5 м³/час. Установка включает комплект аппаратов (2 блока по 13 штук) серии "Аквакон 1,4" с керамическими мембранными фильтрующими элементами. При использовании установки в очищенной воде на 90-100 % снижается содержание следующих частиц: суспензий и коллоидов, бактерий, вирусов, водорослей, высокомолекулярных органических соединений, гуминовых соединений, нефтепродуктов и масел. Для поддержания производительности аппарата на определенном уровне предусмотрена периодическая регенерация мембран сжатым воздухом из линии фильтра. Давление сжатого воздуха при этом должно быть в пределах 0,3-0,4 МПа. Продувка осуществляется однократно в смену в течение 10-15 минут. Для выполнения продувки предусмотрена компрессорная установка.

Очищенная вода из резервуаров чистой воды проходит через установку УФ-обеззараживания воды и подается во внутреннюю сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения жилого корпуса.

Реализация данного проекта предусматривает оборудование жилого корпуса всеми необходимыми внутренними системами и устройствами холодного и горячего водоснабжения и позволит обеспечить комфортное проживание отдыхающих на базе отдыха.

Таблица 1 - Химические показатели качества исходной и очищенной воды

Показатели	Единицы измерения	Исходная вода	Очищенная вода	ПДК [2]
Запах при 20°C	баллы	1 (затхлый)	0	2
Цветность	градус	14,0	2	20
Мутность	мг/л	2,0	0,2	2,6
pH	г-ион/дм ³	7,9	7,9	6-9
Общая минерализация	мг/л	296,0	30,0	1000,0
Жесткость	мг-экв/л	4,9	4,0	7,0
Окисляемость перманганатная	мг O ₂ /дм ³	3,4	<3,0	5,0
Железо	мг/л	0,05	0	0,3
Хлориды	мг/л	16,3	1,5	350,0
Нитриты	мг/л	н/о	0	3,3
Нитраты	мг/л	2,4	<2,0	45,0
Нефтепродукты	мг/л	0,02	0	0,1
Магний	мг/л	23,6	<20,0	-
Сульфаты	мг/л	39,0	<30,0	500,0
Фториды	мг/л	0,4	0	1,5
Фосфаты	мг/л	0,007	<0,005	-
Медь	мг/л	0,05	<0,05	1,0
Кальций	мг/л	39,3	<30,0	-
Алюминий	мг/л	0,05	<0,05	0,5
БПК ₅	мг/л	1,49	0	-
СПАВ	мг/л	0,01	0	-

Библиографический список

1. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*. – М.: , 2012. – 156 с.
2. СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2001. – 99 с.
3. Мулдер, М. Введение в мембранную технологию / М. Мулдер. – М.: Мир, 1999. – 513 с.
4. Дзюбенко, В.Г. Современные технологии получения физиологически полноценной питьевой воды / В.Г. Дзюбенко, В.П. Дубяга, А.Л. Бирюков // Природообустройство. – 2010. – № 5. – С. 65-70.

УДК 696.697

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ПРЕРЫВИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

SOME ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF OPTIMAL INTERMITTENT HEATING OF BUILDINGS

Анисимова Е.Ю., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная задача оптимального управления тепловым режимом здания в нерабочее время. Найден алгоритм оптимального управления режимом прерывистого отопления. Проведен анализ экономии энергии при использовании прерывистого отопления.

Abstract. The article considers the problem of optimal thermal management of the building after hours. The optimal control algorithm for intermittent heating regime is found. The analysis of energy saving when using intermittent heating.

Ключевые слова: оптимальный режим прерывистого отопления, энергосбережение в системах отопления, ресурсосбережение, экономия тепловых ресурсов, экономичные режимы отопления, управление тепловым режимом здания, оптимизация теплового режима здания.

Keywords: the optimal mode of intermittent heating, energy saving in heating systems, saving resource, saving thermal resources, economical modes of heating, thermal management of the building, optimizing the thermal regime of the building.

Задача экономии энергоресурсов в системах теплоснабжения зданий, в частности отопления, является на сегодняшний день актуальной. Это связано с реализацией Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», а также с постоянным повышением тарифов на энергоресурсы. Решение данной задачи возможно путем разработки и внедрения мероприятий, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов, а именно разработку и внедрение энергосберегающих технологий и оборудования. Одним из вариантов решения этой проблемы, является отказ от систем централизованного теплоснабжения и переход к децентрализованным системам теплоснабжения. Но это не значит, что следует массово переходить к автономным системам теплоснабжения. А вот в некоторых случаях автономные источники теплоты будут выступать в качестве удачного технического решения теплоснабжения объекта. Эффективность децентрализованного теплоснабжения не подлежит сомнению в отдаленных городских районах, там, где прокладка тепловых сетей невыгодна, а также при реконструкции старого жилфонда, где развитие тепловых мощностей иногда невозможно из-за стесненности территории. Нередко в больших городах существуют проблемы нехватки мощностей центральных тепловых источников. Вместе с тем, децентрализованные системы теплоснабжения имеют большой потенциал в области энергосбережения и качественного поддержания параметров микроклимата зданий, по сравнению с центральными теплоснабжающими системами.

В настоящее время существует множество технических решений реализации автономного теплоснабжения объекта: классические – использование автономных котельных, современные – ис-

пользование солнечной энергии в качестве источника теплоты в так называемых гелиоустановках, и использование низкопотенциальной энергии грунта, воды и др. с применением тепловых насосов и т.д.. Однако из-за больших капитальных и эксплуатационных затрат, многих открытых технических вопросов проектирования, монтажа и эксплуатации, недостаточности накопленного опыта использования данных систем в наших климатических условиях гелиосистемы и теплонасосные установки применять для целей энергосбережения в крупных масштабах нелогично.

В случае применения децентрализованного теплоснабжения с автономными источниками теплоты существенную экономию энергоресурсов обеспечивает реализация оптимального режима прерывистого отопления здания в нерабочий период. Согласно СП 60.13330.2012 в жилых, общественных, административно-бытовых и производственных зданиях в нерабочее время температуру внутреннего воздуха можно поддерживать на более низком уровне, чем в остальные промежутки времени, что дает возможность снизить расход энергии на отопление. При этом возникает задача, каким должен быть алгоритм управления тепловой мощностью системы отопления здания в нерабочий период, чтобы к моменту начала использования помещения температура внутреннего воздуха была равна требуемому значению и расход теплоты при этом был бы минимален. Данная задача нами была решена [1, 2] на основании адекватных математических моделей, описывающих тепловой режим здания, для которых был разработан оптимальный алгоритм управления мощностью системы отопления в нерабочий период. Приемлемая точность расчетов была достигнута в результате настройки математических моделей тепловых ре-

жимов на «реальный процесс» путем их параметрической идентификации. Полученный алгоритм обеспечивает требуемые температуры внутреннего воздуха при минимальном расходе тепловой энергии. В результате вычислительных и практических экспериментов выяснилось, что оптимальный режим прерывистого управления системой отопления здания заключается в следующем: нерабочий период времени (период, когда здание не эксплуатируется) разбивается на два промежутка, наибольшая экономия тепловой энергии наблюдается, когда тепловая мощность системы отопления на первом промежутке времени минимальна, а на втором – максимальна [1, 2].

Для решения задачи оптимального управления тепловым режимом здания было разработано программное обеспечение [3], позволяющее для любого объекта и различных условий смоделировать разнообразные алгоритмы управления мощностью системы отопления в нерабочий период с целью их качественного и количественного анализа и применения. Для каждого режима рассчитываются: график тепловой мощности системы отопления, температуры на внутренней и наружной поверхности наружных ограждений, затраты теплоты в рассматриваемых режимах, минимальная температура внутреннего воздуха в режиме охлаждения, продолжительности времени охлаждения и разогрева. Например, алгоритм изменения тепловой мощности системы отопления при ее оптимальном режиме прерывистого управления в нерабочее время, а также характеры изменения температур внутреннего воздуха в здании и температуры на внутренней стороне наружного ограждения, рассчитанные данной программой, представлены на рис. 1 и рис. 2. Кроме того, на рис. 1 указан расход теплоты в этом режиме управления.

Очевидно, что в первый период нерабочего времени, когда мощность системы отопления равна нулю, происходит снижение температуры внутреннего воздуха, а во второй, когда тепловая мощность равна максимальному значению, происходит рост внутренней температуры до требуемого значения. В начальный и конечный моменты нерабочего периода температуры внутреннего воздуха здания равна одному и тому же требуемому значению 21 °С. Расход тепловой энергии составляет 31159,2 Вт·ч.

С помощью разработанной программы, сравнивались наиболее распространенные в настоящее время режимы управления мощностью системы отопления: здание подключено к центральным тепловым сетям; управление отоплением стабилизирующим регулятором температуры внутреннего воздуха и оптимальный режим прерывистого отопления здания в нерабочее время (рис.1 и рис. 2). В результате выяснилось, что самым неэкономичным является режим подключения здания к центральным тепловым сетям, по сравнению с ним экономия теплоты при управлении системой отопления стабилизирующим регулятором температуры внутреннего воздуха составляет 3-5%, а экономия энергии в режиме оптимального прерывистого отопления здания в нерабочее время составляет 30-50%.

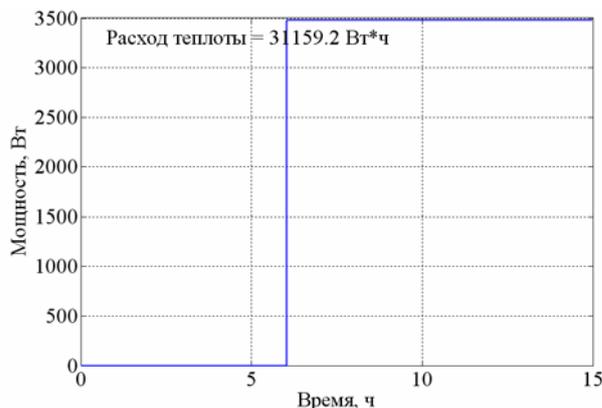


Рис. 1. - Изменение тепловой мощности при оптимальном режиме прерывистого отопления

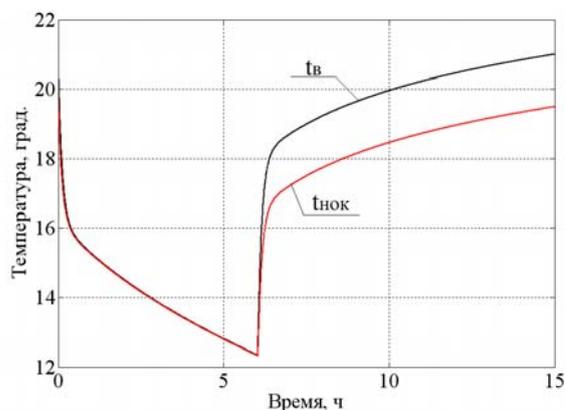


Рис. 2. - Изменение температуры внутреннего воздуха t_v и температуры внутренней поверхности наружного ограждения $t_{нок}$ при оптимальном режиме прерывистого отопления

Кроме того, было установлено [2], что целесообразно применение режима прерывистого отопления в зданиях с автономным источником теплоты и нерационально при подключении их к центральным тепловым сетям. Это объясняется следующим: когда здание подключено к тепловым сетям и производится центральное регулирование отпуска теплоты на источнике, тепловая мощность, необходимая для разогрева здания, является функцией температуры наружного воздуха. Поступившая из центральных тепловых сетей энергия тратится на компенсацию текущих теплопотерь здания, а сам разогрев здания, то есть подъем температуры внутреннего воздуха в нем, не происходит из-за отсутствия запаса теплоты.

Немаловажно отметить, что минимальная температура внутреннего воздуха в режиме охлаждения для жилых, общественных, административно-бытовых и большинства других зданий составляет 12°C, что объясняется условием не выпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений. Вообще, вопрос о том выйдет ли система на ограничение по внутренней температуре зависит от длительности режима прерывистого отопления, а также от установленной мощности системы отопления.

Данный факт является немаловажным, так как нередко в предложениях по энергосбережению некомпетентных энергоаудиторов можно увидеть неверное применение режима прерывистого отопления при подключении объекта к центральным тепловым сетям, что может приводить к аварийным ситуациям, разморозке систем отопления и т.д..

Хотелось бы отметить, что в технической литературе существуют методики расчета количества теплоты при реализации режима прерывистого отопления, которыми не рекомендуется пользоваться. Данные методики являются очень поверхностными и не учитывают теплотехнические (в том числе теплоинерционные) особенности зданий, специфику его микроклимата, принцип действия систем отопления: инерционность, максимальную установленную тепловую мощность, возможную комбинацию систем отопления (водяной и воздушной); не ведется расчет продолжительностей периодов охлаждения и разогрева помещений, нет ограничения по минимальной допустимой температуре внутреннего воздуха в режиме отопления и т.д..

В результате решения поставленной задачи был установлен оптимальный режим прерывистого отопления в нерабочее время, который заключается в интенсивном разогреве помещения на конеч-

ном промежутке нерабочего времени; доказана эффективность разработанного режима и обоснована рекомендация его реализации в зданиях имеющих автономный источник теплоты.

Библиографический список

1. Анисимова, Е.Ю. Программное обеспечение для расчета оптимального режима прерывистого отопления зданий / Е.Ю. Анисимова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. трудов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – №1 (4). – С. 66–71.
2. Панферов, В.И. Повышение эффективности управления тепловым режимом здания на основе численного моделирования / В.И. Панферов, Е.Ю. Анисимова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. трудов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – Ч. I. – С. 25–30.
3. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки зарегистрированное в Отраслевом фонде алгоритмов и программ (ОФАП). Программа для расчета оптимальных режимов прерывистого отопления зданий / Е.Ю. Анисимова. – № 50200800068 от 18.01.2008 г.

УДК 696.697

К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ ЗДАНИЙ TO THE PROBLEM OF ENERGY SAVING IN HEATING BUILDINGS

Панферов В.И., д.т.н., профессор, Анисимова Е.Ю., к.т.н., доцент, Панферов С.В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрена проблема энергосбережения при теплоснабжении зданий. Предложены мероприятия для ее решения: реализация погодного алгоритма регулирования системы отопления, оптимальный режим прерывистого отопления здания, оптимальная температура теплоносителя в тепловых сетях, энергосберегающие мероприятия в системах вентиляции.

Abstract. In the article the actual problem of energy consumption in heating buildings. The measures to address it: the implementation of a weather control algorithm of the heating system, the optimal mode of intermittent heating of the building, the optimal flow temperature in heating systems, energy-saving measures in ventilation systems.

Ключевые слова: энергосбережение при теплоснабжении, ресурсосбережение, экономия тепловых ресурсов, экономичные режимы отопления, экономичные режимы вентиляции, управление тепловым режимом здания, оптимизация теплового режима здания.

Keywords: energy saving in heat supply, resource saving, saving thermal resources, economical modes of heating, efficient modes of ventilation, management of the thermal regime of the building, optimizing the thermal regime of the building.

Проблема энергосбережения при теплоснабжении зданий в России в настоящее время является одной из острых. Это обусловлено как расточительным расходом энергоресурсов, так и постоянным ростом их стоимости. Ввиду этого особую значимость приобретают алгоритмы и мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности теплоснабжения зданий. Однако, несмотря на масштабность проблемы, в данной области исследования можно выделить широкий круг вопросов, требующих решений.

Современные требования к проектированию систем теплоснабжения зданий, в частности, отопления и вентиляции направлены на повышение эффективности их функционирования: обязатель-

ную установку теплосчетчиков, повышение требований к теплозащите зданий, обязательную разработку и внедрение систем автоматического управления ими. Но установка теплосчетчиков это не энергосберегающее мероприятие, а то, что способствует энергосбережению. Финансовый выигрыш получается из-за того, что нормы потребления завышены, а фактическое энергопотребление ниже расчетного, поэтому оплата за энергоснабжение снижается. Установка теплосчетчиков стимулирует потребителей тепла к внедрению энергосберегающих технологий.

Повышением требований к теплозащитным свойствам ограждений зданий ожидали снизить энергопотребление почти в 2 раза, но получили экономию только в размере 1/3 от ожидаемой величи-

ны, а 2/3 по-прежнему теряется через форточки из-за перетопа. Установлено, что дальнейшее повышение требований к теплозащите зданий не целесообразно, затраты на это не окупятся. То есть это не является решением поставленной задачи.

Как нам представляется особое внимание для решения проблемы энергосбережения при теплоснабжении зданий необходимо обратить на качественную эксплуатацию инженерных систем. Это реализуется путем внедрения систем автоматического управления тепловым режимом здания (ТРЗ) с привлечением для решения задач идентификации и управления процессами теплоснабжения новейших результатов теоретических и прикладных исследований.

Как показывает опыт возможности проектно-конструкторских методов ограничены, с помощью них невозможно точно учитывать постоянно изменяющиеся факторы, серьезно влияющие на ТРЗ, такие как солнечная радиация, тепловыделения от оборудования и людей, избыточная мощность системы отопления при данной температуре наружного воздуха, колебания температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра и других возмущений со стороны наружной среды, хаотичности режима работы систем вентиляции и т.п. Это можно сделать только с помощью автоматики. Например, кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции (ТГСиВ) ЮУрГУ разработан погодный график (алгоритм) регулирования системы отопления (СО), учитывающий как реальные теплозащитные свойства здания, так и реальные характеристики его системы отопления [1]. Доказано, что погодный график регулирования должен быть индивидуальным для данного здания с его конкретной системой отопления. В данном алгоритме регулирования два управляющих воздействия: первое – температура теплоносителя на входе в СО, второе – расход теплоносителя в СО. Требуется обеспечить температуру внутреннего воздуха 21°C , для этого были изучены следующие ситуации:

1) когда величина расхода воды соответствовала значениям при реальных условиях и не изменялась (не было управления по расходу), определялись значения температур теплоносителя на входе СО для различных температур наружного воздуха.

2) когда температура воды на входе СО, равнялась значениям при реальных условиях, и регулирование по ней не проводилось, были получены значения расходов теплоносителя для различных температур наружного воздуха.

$$(t_n = -34^{\circ}\text{C}; t_{co} = 95^{\circ}\text{C}); (t_n = -10^{\circ}\text{C}; t_{co} = 67^{\circ}\text{C}); (t_n = 0^{\circ}\text{C}; t_{co} = 53^{\circ}\text{C}) \quad \text{для режима «день»}.$$

Индивидуальное погодное регулирование может быть осуществлено при любом температурном графике централизованного теплоснабжения важно только чтобы тепловой потенциал сетевой воды был бы достаточным, таким, чтобы с сетевой воды данной системой отопления можно было бы «снять» нужное для данного конкретного здания количество теплоты.

В итоге было получено, что в первом случае для обеспечения требуемой температуры внутреннего воздуха температура теплоносителя на входе в СО должна быть значительно ниже фактической. Во втором случае для выполнения того же условия требовался заметно меньший расход теплоносителя, чем фактический. То есть полученные результаты подтверждают наличие перетопов помещений (в реальных условиях температура внутреннего воздуха в контрольных помещениях составляла $23^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$), а также что применение данного способа управления ТРЗ позволит существенно сократить расход теплоты на отопление. Подчеркнем, что именно учет реальных теплозащитных свойств здания и реальных характеристик его СО, заложенный в разработанном алгоритме погодного регулирования, позволяют обеспечивать требуемые условия при минимальных затратах теплоты. В настоящее время используется либо общероссийский график, либо погодные компенсаторы, которые настраиваются методом проб и ошибок.

Известно, что теплозащитные характеристики зданий заметно меняются, из-за старения здания, накоплении влаги в ограждающих конструкциях и т.п. Также меняются и характеристики СО из-за использования разнотипных отопительных приборов, неодинаковых схем подключения к подающим и обратным теплопроводам, изменения состава и структуры систем, зачастую по пожеланиям собственников и по другим причинам. Поэтому возникает задача отслеживания и оценки этих характеристик по эксплуатационным данным. На кафедре есть разработки, позволяющие это сделать. Например, разработаны структурные схемы систем автоматизации, реализующие погодный график для разных схем подключения СО к тепловым сетям (зависимым, независимым) [2].

Погодное регулирование может быть осуществлено и в период срезки температурного графика централизованного теплоснабжения. В это время наблюдается перетоп зданий при элеваторной системе отопления. Кафедрой ТГСиВ ЮУрГУ разработан алгоритм импульсного режима отопления зданий и его настройки для достижения приемлемого качества регулирования температуры внутреннего воздуха [3]. Предлагаемая система не относится к ранее известным системам регулирования пропусками. Определены скважности управляющих импульсов в зависимости от температуры наружного воздуха и различных температур теплоносителя на входе в СО. Есть наработки, позволяющие настроить импульсный погодный регулятор. Напомним, что в настоящее время в г. Челябинске погодный график один для всех зданий и он таков:

В случае применения децентрализованного теплоснабжения с автономными источниками теплоты экономия энергоресурсов обеспечивает реализацию режима прерывистого отопления, то есть управления тепловым режимом здания в нерабочее время. Согласно СП 60.13330.2012 в жилых, общественных, административно-бытовых и производственных зданиях в нерабочее время темпе-

ратуру воздуха можно поддерживать на более низком уровне, чем в остальные промежутки времени, что дает возможность снизить расход энергии на СО. Эта задача нами была решена на основании адекватных математических моделей, описывающих ТРЗ, для которых был разработан оптимальный алгоритм управления СОВ нерабочий период, обеспечивающий требуемые температуры внутреннего воздуха при минимальном расходе тепловой энергии [4]. Оптимальные режим прерывистого отопления здания заключается в том, что в нерабочее время (ночью, выходные дни) на некоторое время нерабочего периода снижается температура внутреннего воздуха (не ниже 12⁰С) путем отключения системы отопления, а во второй части нерабочего периода происходит интенсивный разогрев здания максимальной мощностью СО для достижения требуемой температуры внутреннего воздуха к началу использования помещения. Было разработано программное обеспечение, позволяющее для любого объекта и разнообразных условий смоделировать разные режимы управления мощностью системы отопления в нерабочий период с целью их качественного и количественного анализа. Рассматривались наиболее распространенные в настоящее время режимы управления СО: здание подключено к центральным тепловым сетям; управление СО стабилизирующим регулятором температуры внутреннего воздуха и оптимальный режим прерывистого отопления здания в нерабочее время. В результате выяснилось, что самым неэкономичным является режим подключения здания к центральным тепловым сетям, по сравнению с ним экономия теплоты при управлении СО стабилизирующим регулятором температуры внутреннего воздуха составляет 3-5%, также экономия энергии в режиме оптимального прерывистого отопления составляет 30-50%. Установлено, что целесообразно применение режима прерывистого отопления в зданиях с автономным источником теплоты, и нерационально при подключении их к центральным тепловым сетям.

Как известно, в настоящее время достаточно актуальной является проблема низкотемпературного теплоснабжения. При этом для доставки потребителям требуемого количества теплоты при пониженных параметрах теплоносителя необходимо увеличить его расход. Это, в свою очередь, требует увеличения пропускной способности тепловых сетей либо за счет прокладки новых тепловых трасс, либо за счет установки более мощных сетевых насосов, что неизбежно приведет к росту расхода электрической энергии на перекачку теплоносителя. Поскольку прокладка новых тепловых сетей является трудным и затратным мероприятием, то целесообразно рассмотреть задачу о поиске таких температуры и расхода теплоносителя, при которых минимальными были бы потери теплоты при транспортировке и затраты электрической энергии на перекачку теплоносителя. Минимизация потерь теплоты при транспортировке, в конечном счете, приводит к уменьшению потребного расхода теплоносителя.

Задача выбора оптимальной температуры теплоносителя по критерию минимума затрат электрической энергии на перекачку и сокращения теп-

ловых потерь при его транспортировке по теплопроводам была решена в [5]. Полученные соотношения позволяют осуществлять качественно-количественное регулирование процесса теплоснабжения в зависимости от температуры наружного воздуха, то есть для конкретных условий можно выбирать и оптимальную температуру и оптимальный расход теплоносителя. В результате расчетов было выявлено, что тепловая нагрузка, диаметр теплотрассы, КПД насосной установки, соотношение тарифов на энергоресурсы, изношенность теплопроводов, свойства и состояние тепловой изоляции существенно влияют на значение наиболее эффективной температуры. Причем соотношение тарифов на тепловую и электрическую энергию является основным фактором, влияющим на выбор температурного графика. Климатические параметры, количество местных сопротивлений оказывают минимальное воздействие на значение оптимальной температуры теплоносителя.

Известно, что требуемые параметры микроклимата обеспечиваются работой систем отопления и вентиляции зданий. В современных зданиях общественного назначения расход теплоты на вентиляцию становится преобладающим. Объясняется это тем, что при старой системе утепления зданий теплотери распределялись примерно поровну (половина – для вентиляции, половина – через ограждающие конструкции). В зданиях, построенных с учетом современных требований по тепловой защите, потери теплоты через ограждающие конструкции значительно снизились, поэтому доля потерь теплоты с вентиляционным воздухом при использовании старых подходов и технологий вентиляции увеличилась в несколько раз. Теперь практически до 70% расходуемой теплоты теряется с вентвоздухом и только 30% – через ограждающие конструкции. Таким образом, проведение энергосберегающих мероприятий в системах вентиляции является актуальнейшей задачей настоящего времени.

Экономии тепловой энергии в системах вентиляции можно получить несколькими способами. Во-первых, путем снижения расхода тепловой энергии за счет использования теплоты удаляемого из помещений воздуха. Данный способ применяется в настоящее время (однако не достаточно широко) посредством использования воздухо-воздушных регенеративных и рекуперативных теплообменников. Весьма перспективным для целей энергосбережения является применение тепловых насосов, забирающих теплоту от удаляемого вентиляционного воздуха. Однако это достаточно малоисследованная область. Во-вторых, путем применения автоматического регулирования подачи воздуха в зависимости от температуры в помещении, количества людей, объема выделяющихся вредностей и т.д.. В Европе такие системы достаточно широко применяются и называются системами с переменным расходом, однако и здесь множество нерешенных вопросов, в частности, как изменение общего расхода приточного воздуха скажется на его распределение по каналам разветвленной вентиляционной сети, при этом нарушаются условия формирования воздушных струй при выпуске воздуха в помещение, как будет изме-

няться теплоотдача калориферных установок при большом диапазоне изменения расхода подаваемого воздуха и т.п.

Повысить эффективность работы неавтоматизированных систем вентиляции с переменным расходом воздуха можно и за счет проектно-конструкторских решений. У кафедры есть определенные наработки по данной проблеме. В частности, гидравлическая устойчивость систем вентиляции может быть повышена за счет закольцовки магистральных воздухопроводов гостиничных комплексов.

В заключении хотелось отметить, что в настоящее время технические средства, предлагаемые рынком для реализации систем отопления, вентиляции и систем автоматизации для них, достаточно совершенны. Все проблемы заключаются в основном в режимах (технологиях) отопления и вентиляции, в алгоритмах управления этими системами, в настройке этих систем. Данные проблемы – это не проблемы застройщиков, а служб эксплуатации, то есть управляющих компаний. Управляющие же компании являются, как правило, достаточно мелкими предприятиями, зачастую с малограмотным в техническом отношении персоналом и, кроме того, как это нам представляется, слабо экономически заинтересованы в проведении каких-либо энергосберегающих мероприятий. Поэтому проведение НИОКР с такими организациями практически не возможно.

Библиографический список

1. Панферов, С.В. Погодный компенсатор для систем отопления с элеваторным присоединением. / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: сб. докл. V Международной научно-техн. конф. – М.:Изд-во МГСУ, 2013. – С.140–144.
2. Панферов, С.В. К решению задачи структурно-параметрического синтеза автоматических регуляторов технологических процессов / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2014. – Том 14. – №1. – С. 29–38.
3. Панферов, С.В. Автоматическое управление системами отопления с элеваторным присоединением / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – Том 13. – № 1. – С. 42–47.
4. Анисимова, Е.Ю. Программное обеспечение для расчета оптимального режима прерывистого отопления зданий / Е.Ю. Анисимова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах: междунар. сб. науч. трудов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – №1 (4). – С. 66–71.
5. Панферов, В.И. Об оптимальной температуре теплоносителя в теплотранспортных системах. / В.И. Панферов, О.Ф. Гавей // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Том13. – №1. – С. 63–66.

УДК 628.51

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА В УСЛОВИЯХ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА EFFICIENCY MUFFLERS OF NOISE IN THE DUSTY AIR FLOW

Яременко С.А. к.т.н., доцент; Плотников В.В., магистрант; Бунин А.В., магистрант

ФГБОУ ВПО Воронежский ГАСУ

Аннотация. По воздуховодам систем механической вентиляции перемещаются воздушные потоки с различной степенью запыленности. Это приводит к падению акустической эффективности глушителей шума в процессе эксплуатации. Авторами предложены новые, актуальные и перспективные направления исследований в данном вопросе.

Abstract. On air ducts of ventilation systems mechanical ventilation moving air currents with a various degree of dust. This leads to the fall of the acoustic efficiency mufflers of noise during operation. The authors have proposed a new, topical and promising research directions in this matter.

Ключевые слова: вентиляция, поток, пыль, глушитель шума, эффективность, перфорация, частица.

Keywords: ventilation, air flow, dust, mufflers, efficiency, perforation, particle.

В последние годы все большие масштабы приобретает проектирование и строительство новых жилых домов, а также реконструкция жилых зданий старой постройки со встроенными или встроенно-пристроенными строительными объемами, которые используются в качестве помещений общественного назначения: кафе, магазины, спортивные клубы, офисы, парикмахерские, мастерские, залы игровых автоматов, медицинские центры и т.д. [1].

При вентиляции и кондиционировании воздуха в таких помещениях применяются системы, работающие как в дневное, так и в ночное время су-

ток и излучающие повышенный шум, который является одной из основных причин нарушения комфортного состояния человека.

В качестве основного средства борьбы с повышенными уровнями звукового давления, как правило, используются трубчатые и пластинчатые глушители аэродинамического шума.

Наличие разнообразного технологического оборудования, выделяющего пыль или масляные аэрозоли, в кафе, мастерских, магазинах, парикмахерских, а также наличие хлопковой пыли от ковровых покрытий в спортивных залах и фитнес-клубах обуславливает необходимость применения

местной вытяжной вентиляции. В результате этого по воздуховодам и шумоглушителям перемещаются аэродисперсные потоки.

Надежность и эффективность работы глушителей в условиях некоторого содержания аэрозолей в воздушном потоке зависит от следующих факторов:

- физико-механических характеристик частиц,
- параметров воздушного потока,
- конструкции звукопоглощающей облицовки.

При наличии в воздушном потоке аэрозолей с твердой фазой происходит запыление звукопоглощающей облицовки глушителя с образованием на его поверхности рыхлого слоя пылевого покрытия. Другими словами перфорация защитного покрытия забивается пылью.

При наличии в воздушном потоке аэрозолей с жидкой фазой (масляный аэрозоль) частицы оседают на поверхности звукопоглощающей облицовки, и происходит проникновение масла внутрь материала, при этом покрытие на поверхности облицовки не образуется.

Таким образом, глушители аэродинамического шума в результате воздействия аэрозольных частиц могут практически полностью потерять шумопоглощающие свойства и увеличить аэродинамическое сопротивление сети, что приводит к увеличению энергозатрат и снижению производительности системы.

Известно [2], что в диапазоне частот ниже 4000 Гц негативным влиянием пылевого покрытия можно пренебречь только в случае, если его толщина удовлетворяет соотношению:

$$l_{\Pi} \leq \frac{5D}{p} \sqrt{\frac{\rho_M}{\rho_{\Pi}}}, \quad (1)$$

где D – средний диаметр частиц пыли, см; p – пористость пылевого покрытия;

ρ_M – плотность материала пылевой частицы, г/см³;

ρ_{Π} – насыпная плотность пыли г/см³.

Из соотношения (1) следует, что для покрытия из минеральной пыли ($\rho_{\Pi} = 0,65 \text{ г/см}^3$; $\rho_M = 2,6 \text{ г/см}^3$; $D = 3,9 \cdot 10^{-3}$ см) толщина пылевого покрытия l_{Π} не должна превышать 0,46 мм.

Частицы, контактирующие с препятствием, могут налипать на него. Налипание определяется так называемыми силами адгезии, которые стремятся удержать частицы на поверхности контакта. При соударении сухой частицы с сухой поверхностью [3,4] из всех контактирующих частиц налипать будут только те частицы, диаметр которых:

$$d < d_{\text{мин}}^{(0)} \approx 0,25 / (v \cdot 10)^8, \quad (2)$$

где d - диаметр частицы, м;

v – скорость движения частицы к препятствию, м/с.

Как правило, в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, обслуживающих указанные выше встроенные или встроенно-пристроенные помещения, поверхность или частица смочены,

поэтому диаметр налипающих частиц определяется по формуле [2]:

$$d_{\text{мин}}^{(1)} \approx 7,35 / (v \cdot 10^5), \quad (3)$$

Таким образом, при скорости 5 м/с, характерной для движения воздуха в шумоглушителе, на препятствие будут налипать все частицы, диаметр которых меньше 14 мкм.

Известно [5], что масса всех частиц, контактирующих со стенкой, может быть определена по соотношению:

$$m_S = k \cdot \rho_M \cdot C \cdot \tau \cdot v, \quad (4)$$

где τ – продолжительность контакта;

ρ_M – плотность материала пылевой частицы, кг/м³;

C – объемная концентрация взвешенных частиц в потоке;

k – безразмерный коэффициент $k = 10^{-4}$;

v – скорость движения частиц, м/с.

Расчет выполненный по зависимости (4) для средних условий систем вентиляции ($\rho_M = 2600 \text{ кг/м}^3$; $C = 2,5 \cdot 10^{-7}$; $\tau = 1 \text{ мес} = 2,6 \cdot 10^6 \text{ с}$; $v = 5 \text{ м/с}$), дает толщину слоя налипающих частиц $\delta = 0,33 \text{ мм/мес}$.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что примерно через 4 месяца эксплуатации шумоглушитель с перфорированным листом толщиной 0,8÷1,2 мм частично “забивается” и его эффективность снижается.

Величину снижения эффективности шумоглушителя можно оценить при помощи коэффициента перфорации f , т.е. отношения площади перфорации к общей площади листа [6,7,8,9]:

$$f = \pi \cdot d^2 / 4 \cdot t^2, \quad (5)$$

где d - диаметр перфорации, мм;

t – шаг перфорации, $t = 2d$.

Тогда $f = \pi / 16 \approx 0,2$.

На рис. 1 и 2 представлены графики зависимости эффективности пластинчатых шумоглушителей от площади перфорации защитного покрытия.

Звукопоглощающая конструкция глушителя: маты СТВ $\rho = 20 \text{ кг/м}^3$, стеклоткань ЭЗ-100, перфорированный металлический лист $\delta = 0,8 \text{ мм}$.

Звукопоглощающая конструкция глушителя: маты СТВ $\rho = 15 \text{ кг/м}^3$, стеклоткань ЭЗ-100, перфорированный металлический лист $\delta = 0,8 \text{ мм}$.

Представленные графики подтверждают, что с понижением коэффициента перфорации (в связи с запыленностью) наблюдается небольшое повышение величины L в диапазоне частот 125 – 500 Гц и падение акустической эффективности шумоглушителей на частотах 63 – 125 и 500 – 8000 Гц, т.е. частотах характеризующих работу отопительно-вентиляционного оборудования.

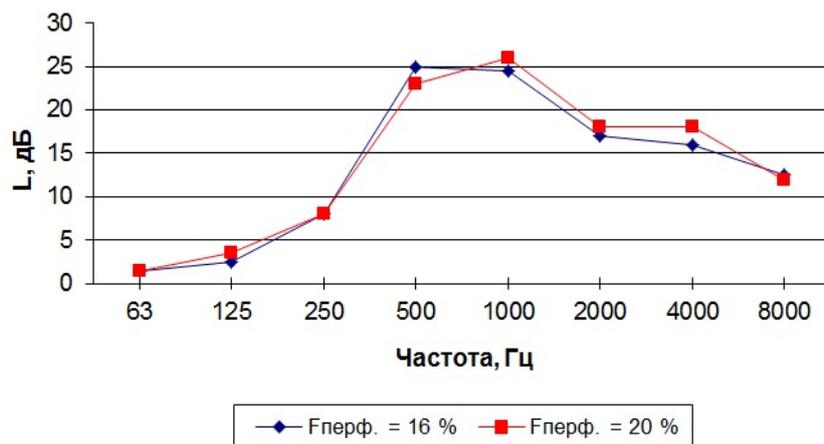


Рис.1 - Эффективность шумоглушителя в зависимости от площади перфорации защитного покрытия.

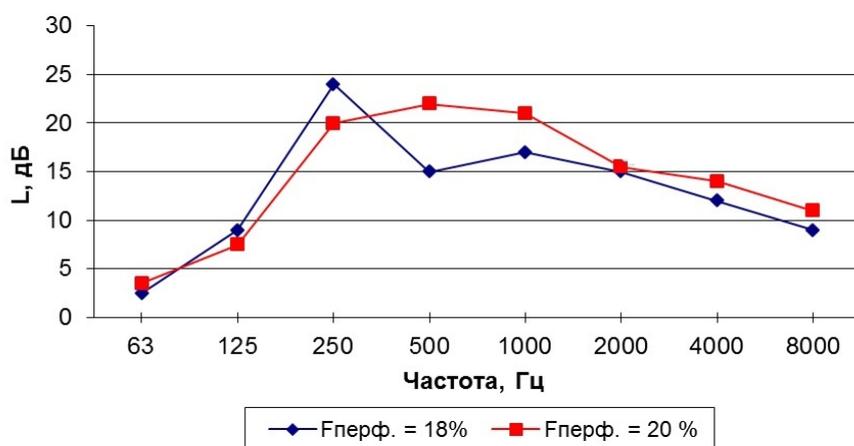


Рис.2 - Эффективность шумоглушителя в зависимости от площади перфорации защитного покрытия.

Таким образом, результаты, полученные в работе, показывают необходимость учета запыленности воздушного потока при расчете и проектировании глушителей аэродинамического шума. Также весьма перспективным направлением нам представляется повышение эффективности шумоглушения в системах климатизации путем конструирования и внедрения новых высокоэффективных конструкций глушителей шума.

Библиографический список

1. Яременко, С.А. Шум систем вентиляции и кондиционирования воздуха в жилых домах со встроенными помещениями различного назначения / С.А. Яременко // Безопасность жизнедеятельности. - 2007. - №5. - с.14-15.
2. Седых, В.Н. Влияние вредных факторов окружающей среды на акустическую эффективность средств шумоглушения: Сборник научных статей / Проблемы акустической экологии // под ред. Н.И. Иванова. - Л. Стройиздат, 1990 - С. 160-166.
3. Боровков, В.С. Аэрогидродинамика систем вентиляции и кондиционирования воздуха / В.С. Боровков, Ф.Г. Майрановский // М. Стройиздат, 1978 - 116с.
4. Колодяжный, С.А. Зависимость распределения взрывоопасных вредных веществ в помещениях от кратности воздухообмена / С.А. Колодяжный, И.И. Переславцева, О.Н. Филатова // Инженерные системы и сооружения. - 2010. - № 2. - с.192-196.
5. Соу, С. Гидродинамика многофазных систем. М.: Мир, 1971.
6. Юдин, Е.Я. Глушение шума вентиляционных установок. М.: Стройиздат, 1958 - 159с.
7. Полосин, И.И. Защита жилых зданий от аэродинамического и структурного шума автономных котельных / И.И. Полосин, С.А. Яременко // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. - № 2. - с. 3-5.
8. Полосин, И.И. Влияние автозаправочных станций в черте городской застройки на экологическое состояние окружающей среды / И.И. Полосин, К.В. Гармонов, А.В. Плотников // Экология промышленного производства. - 2014. - № 1 (85).с. 51-54.
9. Колосов, А.И. Микробиологическая коррозия теплообменного и сетевого оборудования / А.И. Колосов, К.Н. Сотникова, С.И. Черенков, Д.И. Шилов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2011. № 1. С. 62-70.

**СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ ПРИ ИЗЛОЖЕНИИ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА
ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА» ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ
ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**
SYSTEMATIZATION OF KNOWLEDGE AT THE PRESENTATION OF DISCIPLINE "ENGINEERING
THERMODYNAMICS " BY INTENSIFICATION IN TEACHING OF THE CORRESPONDENCE FORM

Кутенова О.А., старший преподаватель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Под интенсификацией обучения понимается передача большого объема учебной информации учащимся, при этом продолжительность обучения не изменяется и не снижаются требования к качеству знаний за счет повышения передаваемой информации. Для успешной интенсификации обучения достаточно внедрять научно обоснованные методы руководства познавательным процессом, развивать творческий потенциал учащихся.

Abstract. The intensification of training is understood as transfer of large volume of educational information to pupils, thus duration of training doesn't change and requirements to quality of knowledge due to increase of the transmitted data don't decrease. For a successful intensification of training it is enough to introduce evidence-based methods of the management of informative process, to develop the creative potential of pupils.

Ключевые слова: педагогика, высшая школа, заочная форма обучения, интенсификация обучения, систематизация знаний, техническая термодинамика, лекция, структурированная форма

Keywords: pedagogics, the higher school, tuition by correspondence, training intensification, systematization of knowledge, technical thermodynamics, lecture, the structured form

Интенсификация обучения продолжает оставаться одной из ключевых проблем педагогики высшей школы. Информационный взрыв и современные темпы прироста научной информации, которую нужно успеть передать студентам за время обучения, побуждают преподавателей искать выход из создавшегося положения и ликвидировать цейтнот за счет новых педагогических приемов. Одним из таких приемов является интенсификация учебной деятельности. Для успешной интенсификации учебного процесса следует разрабатывать и внедрять научно обоснованные методы руководства познавательным процессом, мобилизующие творческий потенциал личности.

Повышение темпов обучения может быть достигнуто путем совершенствования:

- содержания учебного материала;
- методов обучения.

Совершенствование содержания предполагает как минимум:

- рациональный отбор учебного материала с четким выделением в нем основной базовой части и дополнительной, второстепенной информации; соответствующим образом должна быть выделена основная и дополнительная литература;
- перераспределение по времени учебного материала с тенденцией изложения нового учебного материала в начале занятия, когда восприятие обучаемых более активно;
- концентрацию аудиторных занятий на начальном этапе освоения курса с цельюработки задела знаний, необходимых для плодотворной самостоятельной работы;
- рациональную дозировку учебного материала для многоуровневой проработки но-

вой информации с учетом того, что процесс познания развивается не по линейному, а по спиральному принципу;

- обеспечение логической преемственности новой и уже усвоенной информации, активное использование нового материала для повторения и более глубокого усвоения пройденного;

Совершенствование методов обучения обеспечивается путем:

- широкого использования коллективных форм познавательной деятельности (парная и групповая работа, ролевые и деловые игры и др.);
- выработки у преподавателя соответствующих навыков организации управления коллективной учебной деятельностью студентов;
- применения различных форм и элементов проблемного обучения;
- совершенствования навыков педагогического общения, мобилизующих творческое мышление обучаемых; индивидуализации обучения при работе в студенческой группе и учет личностных характеристик при разработке индивидуальных заданий и выборе форм общения;
- стремления к результативности обучения и равномерному продвижению всех обучаемых в процессе познания независимо от исходного уровня их знаний и индивидуальных способностей;
- знания и использования новейших научных данных в области социальной и педагогической психологии;

- применения современных аудиовизуальных средств, ТСО, а при необходимости - информационных средств обучения. Интенсификацию обучения можно считать одним из перспективных направлений активизации учебной деятельности. Процессы интенсификации базируются на взаимодействии индивидуально-психологических и коллективно-психологических факторов в учебной деятельности.[1]

Чтение лекций для студентов-заочников имеет свою специфику и требует от лектора высокой квалификации и достаточного педагогического опыта. Лекционный курс на заочном отделении в объеме сокращен, но он не может в силу этого механически уменьшаться или облегчаться. Он должен носить установочный или обзорный характер по своему содержанию и иметь свою методику.

Профессор или доцент, читающий лекции студентам-заочникам, должен ставить перед собой следующие цели:

1. Дать общее представление о проблематике научной дисциплины.
2. Концентрировать главное внимание не на фактологии, а на методологии изучаемого предмета.
3. На основе анализа узловых проблем дать цельное представление о закономерностях развития науки в области изучаемой дисциплины.
4. Дать указания по основной методологической и специальной литературе, учебникам и учебным пособиям.
5. Направить самостоятельную работу студентов-заочников путем методических советов и рекомендаций.

Простота и легкость изложения являются главным достоинством лекции в высшей школе. Путаное и неясное изложение имеет две причины:

- 1) недостаточно глубокое понимание лектором вопроса, о котором он говорит;
- 2) неумение лектора просто изложить слушателям понимаемую им мысль.

В конечном итоге обе эти причины устраняются в результате упорной подготовительной работы лектора над содержанием и формой лекции.[2]

С простотой и ясностью лекции тесно связана краткость изложения. Язык науки краток. В академической лекции надо многое сказать, но нельзя много говорить. Длинная водянистая речь лектора скучна и утомительна. К сожалению, в вузах встречаются и говорливые лекторы, которые пространно и многословно говорят о простых вещах, повторяют и разъясняют то, что само собою ясно. Прочные, стойкие знания у студента могут быть сформированы только тогда, когда они применяются совместно с ранее приобретенными умениями и навыками. Без прочного сохранения приобретен-

ных знаний, без умения воспроизвести пройденный материал в необходимый момент, без умения применять знания на практике невозможно добиться эффективности изучения программного материала. Понимание нового всегда предполагает включение этого нового материала в систему уже имеющихся знаний, формирование связей между ними. При установлении связей между впервые рассматриваемым учебным материалом и уже усвоенными знаниями новое для студентов становится знакомым, смысл этого нового понимается через ранее усвоенное. В системе своей работы обобщение теоретических знаний осуществляется в следующей последовательности:

- обобщение понятий;
- обобщение суждений;
- обобщение теорий;
- выделение содержательной линии.

При обобщении понятий устанавливаются внутрипредметные связи, благодаря чему знания становятся системными. Под систематизацией понимается мыслительная деятельность, в процессе которой изучаемые объекты организуются в определенную систему на основе выбранного принципа, основания, точки зрения. Лекции строятся двумя линиями в зависимости от рабочего тела (идеальный и реальный газ). Изложение производится на сравнении, начиная с теоретических основ (понятий, процессов, законов), истечение газов и паров, заканчивая термодинамическими циклами (ДВС, ГТУ, ПТУ, холодильные установки).

Лекции даются в структурированной форме. Ярким примером можно считать классификацию теплоемкостей по различным признакам: по отношению к единице количества вещества, по процессу в котором теплоемкость была найдена, по зависимости от температуры. Изложение каждого раздела происходит по определенному плану, одинаковому для каждого из рабочих тел. На сравнении динамики процессов выделяются особенности их протекания. При наличии четкой структуры студент получает информацию дозированно и при желании или (и) необходимости может дополнить сам, что чрезвычайно актуально в современной жизни.

Библиографический список

1. Педагогика и психология высшей школы: учебное пособие / М. В. Буланова-Топоркова, А. В. Духавнева, Л. Д. Столяренко и др.- Ростов на Дону: Феникс, 2002. - 544 с.
2. Краевский В.В. Методология педагогического исследования: Пособие для педагога-исследователя. - Самара, 1994.

**ПРОБЛЕМЫ КОНДЕНСАЦИИ ВЛАГИ В ЗОНЕ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ
ПРИ ОТОПЛЕНИИ ПОМЕЩЕНИЙ**
PROBLEMS OF THE MOISTURE CONDENSATION ON THE WINDOW SURFACES DURING
THE HEATING OF THE SPACE

Нагорная А.Н., к.т.н., доцент; Денисюк Е.В., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Проведено численное моделирование и построены термограммы распределения температуры в отапливаемом помещении, а также на поверхности окна. Произведена оценка температурного режима поверхности светопрозрачных конструкций на возможность конденсации влаги. Обозначена проблема возникновения зон недопустимо низкой температуры на поверхности оконных проемов при индивидуальном регулировании теплоотдачи отопительных приборов и завышенной расчетной площади поверхности.

Abstract. Numerical modeling and construction of the thermogram of the temperature distribution in a heated room, as well as on the surface of the window. The estimation of the surface temperature of translucent structures the possibility of condensation. The problems of occurrence of zones unacceptably low temperature on the surface of the window openings for individual regulation of heat radiators and inflated the estimated surface area.

Ключевые слова: тепловой поток от отопительного прибора, конденсация влаги на поверхности светопрозрачных конструкций.

Keywords: heat flux from the heater, moisture condensation on the surface of translucent structures.

Задачей данной работы является моделирование теплового режима отапливаемого помещения при различных размерах отопительных приборов, а также при различных температурах теплоносителя на входе и выходе в отопительный прибор. Для моделирования теплового режима используется программный модуль FlowSimulation, который является модулем гидродинамического анализа в среде SolidWorks[1].

Отопительный прибор – один из основных элементов систем отопления, предназначенный для передачи тепла от теплоносителя в обогреваемые помещения. Мощность и, следовательно, размеры отопительного прибора определяются в результате расчета теплового баланса теплоты, учитывающего все теплопотери и теплопоступления в процессе эксплуатации помещения. Стоит заметить, что к выбору и расположению отопительных приборов предъявляются определенные требования [2].

Размещение отопительного прибора в помещении возможно как у наружной, так и у внутренней стены. На первый взгляд целесообразна установка прибора у внутренней стены помещения, т.к. сокращается длина труб, подающих и отводящих теплоноситель от прибора. Кроме того, увеличивается теплопередача такого прибора - радиатора в помещение (примерно на 7 % в равных температурных условиях) вследствие интенсификации лучистого теплообмена и устранения дополнительных теплопотерь через наружную стену. Все же подобное размещение прибора допустимо лишь в южных районах России с короткой и теплой зимой, так-так для районов с холодными зимами оно сопровождается неблагоприятным для здоровья людей движением воздуха с пониженной температурой у пола помещения.

В средней полосе и северных районах России целесообразно устанавливать отопительный

прибор вдоль наружной стены помещения и особенно под окно. При таком размещении прибора возрастает температура внутренней поверхности в нижней части наружной стены, что повышает тепловой комфорт помещения. Поток теплого воздуха при расположении прибора под окном препятствует образованию ниспадающего потока холодного воздуха и движению воздуха с пониженной температурой у пола помещения [2].

Еще одной важной причиной установки отопительного прибора под световым проемом является предотвращение образования конденсата на поверхности окна. Конвективный тепловой поток, образующийся над нагретой поверхностью отопительного прибора, увеличивает температуру на поверхности окна, не давая опуститься ей температуре точки росы.

Расчет отопительных приборов производится исходя из уравнения теплового баланса помещения, которое отражает дефицит или избыток теплоты в помещениях здания. Основными составляющими теплопотерь здания являются потери тепла через наружные ограждающие конструкции, на нагревание наружного воздуха, инфильтрующегося через ограждающие конструкции, а также тепла на нагревание воздуха, поступающего вследствие несбалансированной вытяжной вентиляции.

Стоит заметить, что определение тепловых потерь в соответствии с действующими нормами[3] производится при расчетной температуре наружного воздуха, которая соответствует средней температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ($t_{н}$), соответствующей коэффициенту обеспеченности $\kappa_{об} = 0,92$ согласно [4, таблица 1].

В свою очередь эксплуатация систем отопления, как правило, производится при температурах наружного воздуха выше расчетной. При прежнем

температурном графике системы отопления это провоцирует избыток поступающего в помещение тепла. Выходом является регулирование теплоотдачи прибора методом изменения поступающей в прибор температуры теплоносителя или методом изменения количества теплоносителя. Первый метод используется, как правило, в тепловых пунктах. Второй метод является индивидуальным и выполняется повсеместно. При индивидуальном количестве в регулировании теплоотдача отопительного прибора изменяется вследствие изменения средней температуры воды в нем, которая в свою очередь напрямую зависит от расхода. Реализуется метод посредством установки на подающих подводках каждого отопительного прибора терморегулирующих клапанов. Принцип его работы заключается в автоматическом изменении положения клапана в зависимости от внутренней температуры в помещении.

Особенностью современных зданий является то, что согласно действующим нормативным требованиям к теплозащите зданий значительно сократились расчетные теплопотери отапливаемых помещений, поскольку сопротивление теплопередачи современных конструктивных материалов имеет очень высокие показатели. Этот факт провоцирует уменьшение расчетной площади отопительных приборов, что в свою очередь, противоречит требованию п. 6.4.4 [3], в котором говорится, что длину отопительного прибора следует определять расчетом и принимать не менее 75% (для больниц, детских школьных и дошкольных учреждений) или 50 % (для жилых и общественных зданий) длины светового проема. В случае намеренного увеличения площади обогрева, появляется необходимость в уменьшении средней температуры на поверхности прибора для предотвращения переизбытка тепла в помещении.

Таким образом, в результате снижения средней температуры теплоносителя на поверхности прибора конвективный поток, обладающий низкой подъемной силой, распадается в зоне оконного проема, оставляя его верхнюю зону холодной. Именно такие зоны оконных проемов больше всего подвержены риску выпадения конденсата на поверхности. Кроме того, слабый конвективный поток уменьшает интенсивность конвективного теплообмена в помещении, что способствует ухудшению микроклимата в рабочей зоне.

Изложенную выше теорию развития конвективного потока от прибора разной площади и с различной средней температурой поверхности рассмотрим на примере класса школьного учреждения.

Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно [4] составляет -34°C , температура внутреннего воздуха t_b согласно [5] принимается равной 20°C , температура точки росы в помещении составляет 6°C , что соответствует влажности 40 %.

В качестве допущения принимаем, что потери теплоты происходят только через ограждающие конструкции. Потери на нагрев вентиляционного и инфильтрующегося воздуха отсутствуют.

Для отопления помещения используется чугунный секционный радиатор MC-140, высотой 500

мм. Отопительные приборы установлены под оконными приемами.

Основным критерием мощности конвективного потока, создаваемого отопительным прибором, является поверхностная плотность теплового потока $q_{пр}$, Вт/м², передаваемого через 1 м² площади прибора. Данный показатель определяется уравнением [2]:

$$q_{пр} = k_{пр} \cdot \Delta t_{cp}, \quad (1)$$

где $k_{пр}$ – коэффициент теплопередачи отопительного прибора, определяется экспериментально для каждого типа прибора, м²·°C/Вт; Δt_{cp} – температурный напор отопительного прибора, определяется следующим образом [2]:

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_b, \quad (2)$$

где t_{cp} – средняя температура теплоносителя, принимается как среднее арифметическое между температурой входящей $t_{вх}$ и температурой выходящей $t_{вых}$ в приборе, °C, принимается согласно температурному графику системы отопления в зависимости от температуры наружного воздуха.

При температуре наружного воздуха равной -34°C , температурный напор отопительного прибора вычисляется в соответствии с выражением (2):

$$\Delta t_{cp} = (95+70)/2 - 20 = 62,5^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, площадь нагревательной поверхности прибора будет прямо пропорциональна теплоотдаче прибора $Q_{пр}$, Вт, и обратно пропорциональна плотности теплового потока прибора $q_{пр}$, Вт/м² [2]

$$F_{пр} = Q_{пр} / q_{пр}, \quad (3)$$

где $F_{пр}$ – площадь нагревательной поверхности отопительного прибора, м².

В результате расчетов получена требуемая плотность теплового потока отопительного прибора 720 Вт/м^2 , что соответствует площади поверхности нагрева $1,8 \text{ м}^2$ или 8 секциям указанного отопительного прибора; число секций распределяется пропорционально длинам оконных проемов.

Температуру на поверхности прибора условно принимаем равной средней температуре теплоносителя в отопительном приборе, то есть t_{cp} , °C.

Моделирование тепловых и воздушных потоков в помещениях с помощью CFD программ рассмотрено в некоторых работах [6].

Результаты компьютерного моделирования теплового потока отопительного прибора при расчетной площади поверхности приведены далее.

Локальный нагрев в области расположения прибора создает мощный вертикальный градиент температуры. Формируется интенсивное подъемное течение, высота которого соответствует высоте помещения. Средняя температура помещения в стационарном режиме составляет 19°C , что соответствует расчетному значению.

Следствием высокого значения плотности теплового потока над отопительным прибором является равномерный прогрев поверхности окна по всей высоте (рис. 1). Незначительные зоны конденсации сосредоточены по краям окна в зоне стыков с наружными стенами. В качестве нижнего пре-

дела шкалы температур принята температура точки росы.

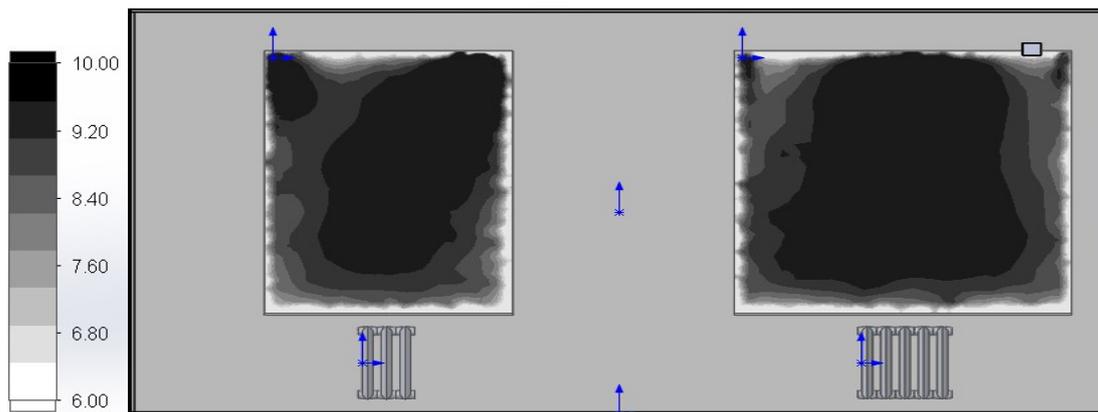


Рис. 1. - Распределение температур на поверхности окна, при $t_{н} = -34^{\circ}\text{C}$, $t_{ср} = 82,5^{\circ}\text{C}$

Однако, как упоминалось ранее, согласно требованию п. 6.4.4 [3] требуется перекрытие светового проема отопительным прибором на 75 % для рассматриваемого помещения школьного учреждения. Это неизбежно приводит к уменьшению температурного напора $\Delta t_{ср}$, и, следовательно, к уменьшению плотности теплового потока $q_{пр}$.

Для рассмотренного примера необходимая длина отопительного прибора из условия перекрытия ширины окна составит 2,5 м, что при высоте прибора 500 мм соответствует площади $5,61 \text{ м}^2$ (10 и 13 секций соответственно). Расчетная плотность теплового потока при тех же расчетных теплопотерях и увеличенной площади прибора снижается и составляет 240 Вт/м^2 , что соответствует средней температуре поверхности прибора 42°C и устанавливается в результате местного количественного регулирования.

Результаты моделирования теплоотдачи отопительного прибора при длине равной 75% длины оконного проема приведены далее.

Прибор с более низкой температурой поверхности создает поток с меньшей подъемной силой (рис. 2). Это приводит к быстрому остыванию конвективного потока до температуры внутреннего воздуха и его «распаду» в рабочей зоне. Результатом является ухудшение конвекции в помещении, образование зон повышенных и пониженных температур из-за ухудшения естественной циркуляции воздуха, а также к понижению температуры в верхней части поверхности окна и увеличению вероятности выпадения конденсата.

Как видно из рис. 2, вся поверхность окна подвержена выпадению конденсата. Согласно полученным в результате моделирования данным, средняя температура на поверхности окна составляет $3,35^{\circ}\text{C}$.

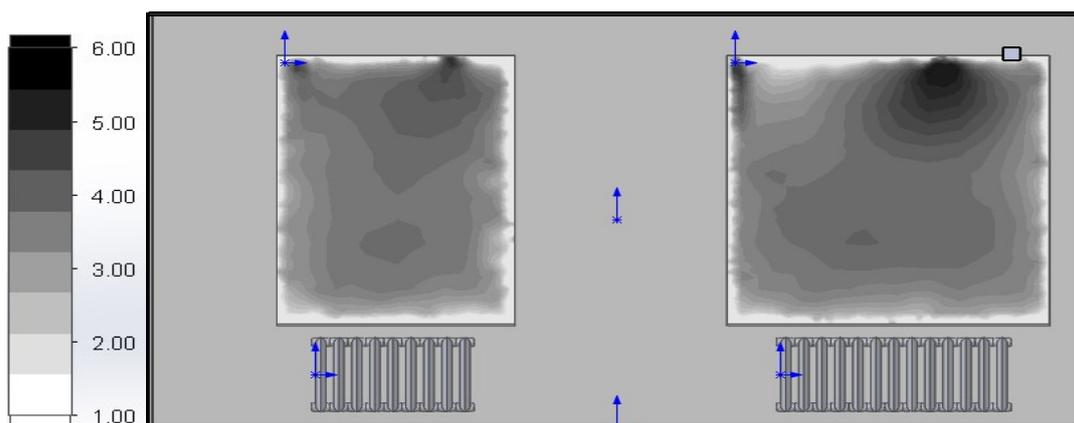


Рис.2. - Распределение температуры на поверхности окна, при $t_{н} = -34^{\circ}\text{C}$, $t_{ср} = 42^{\circ}\text{C}$

В данной работе рассмотрена проблема обогрева и возможности конденсации влаги на поверхности светопрозрачных конструкций при разной площади отопительных приборов в условиях эксплуатации систем отопления. Причиной изменения площади прибора выше расчетной является тре-

бование, изложенное в п.6.4.4 [3], согласно которому длина нагревательного прибора должна составлять 75 % от длины светового проема (для школьных учреждений). В данном случае для исключения перетопа помещения необходимо снизить плотность теплового потока отопительного

прибора путем снижения средней температуры на его поверхности, что реализуется посредством местного количественного регулирования. Конвективный поток, создаваемый прибором с расчетной площадью и обладающий достаточной подъемной силой, обеспечивает равномерное распределение температуры по всему объему помещения, а также, температуру на поверхности окна выше температуры точки росы. Этого нельзя сказать про прибор с завышенной площадью, поскольку прибор с более низкой температурой поверхности создает конвективный поток с меньшей подъемной силой, что в период низких температур наружного воздуха приводит к снижению температуры поверхности окна ниже температуры точки росы. Снижение плотности теплового потока при сохранении достаточно высокого температурного графика может быть достигнуто применением низких отопительных приборов высотой 350 мм, либо применением приборов конвективного типа.

Таким образом, применение приборов с увеличенной площадью нагревательной поверхности весьма ограничено в условиях холодного климата с точки зрения конденсатообразования. Особенно эта проблема актуальна в помещениях с повышенной влажностью воздуха, что характерно для

мест массового скопления людей (больницы, образовательные учреждения и т.д.). Кроме того, применение приборов с увеличенной площадью поверхности приводит к увеличению стоимости системы отопления.

Библиографический список

1. Алямовский, А.А. Инженерные расчеты в Solid Works Simulation /А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 464с.
2. Сканава, А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учебник для вузов / А.Н. Сканава, Л.М. Махов. – М.: Издательство АСВ, 2002.–576 с.
3. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха – М.: Минрегион России, 2012. –81с.
4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология – М.: Минрегион России, 2012. – 113с.
5. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные.параметры микроклимата в помещения – М.: Госстрой России, 1999 – 7с.
6. Нагорная, А.Н. CFD-моделирование теплового и воздушного режима кинотеатра /А.Н. Нагорная, Е.В. Денисюк// Вестник ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». – 2013. – том 13 №2. – С. 61-63

УДК 697.922

РАСЧЕТ НАГРЕВА ЖИДКОСТИ В ПРОТОЧНОМ НАГРЕВАТЕЛЕ CALCULATION OF HEAT FLUID IN A FLOW HEATER

Панферов С.В., к.т.н., доцент; Дорошенко Е.К., ст. преподаватель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассматривается задача расчёта нагрева жидкости в проточном нагревателе. Приводится конечно-разностная аппроксимация уравнений модели. Размеры шагов по времени и по пространству выбираются из условий устойчивости вычислительной схемы. Приводятся результаты расчёта динамики процесса нагрева. Результаты могут быть использованы при конструировании проточных нагревателей.

Abstract. The problem of calculating the heating fluid in the flow heater. Given finitely-difference approximation of the model equations. Step sizes in time and space are selected from the stability conditions of the computational scheme. The results of the calculation of the dynamics of the heating process. The results can be used to design flow heaters.

Ключевые слова: проточный нагреватель, устойчивость разностной схемы, вычислительный эксперимент, динамика процесса нагрева.

Keywords: flow heater, the stability of the difference scheme, numerical simulation, the dynamics of the heating process.

В данной работе рассматривается нестационарный процесс нагрева жидкости в проточном нагревателе, для расчета нагрева необходимо решить следующее уравнение в частных производных:

$$u \frac{\partial T(z,t)}{\partial z} + \frac{\partial T(z,t)}{\partial t} = \frac{\Pi z q_0}{F \rho c L}$$

с начальным

$$T(z,0) = f_1(z)$$

и граничным

$$T(0,t) = f_2(t)$$

условиями.

Здесь u – скорость движения жидкости; T – температура жидкости; Z – координата по длине трубы нагревателя; t – время; Π – периметр трубы; F – площадь сечения трубы; ρ – плотность жидкости; C – теплоёмкость жидкости; L – длина трубы; q_0 – плотность теплового потока для $z = L$, т.е. для конечной точки трубы, а $q_0 \cdot z/L$ – плотность теплового потока в точке Z по длине трубы; f_1, f_2 – заданные функции.

Заметим, что математическая модель процесса получена путем рассмотрения теплового баланса элементарного объема жидкости в трубе.

Для решения задачи заменим частные производные следующими конечными разностями

$$\frac{\partial T(z,t)}{\partial z} \approx \frac{T(z,t) - T(z - \Delta z, t)}{\Delta z} \Big|_{z=i\Delta z, t=k\Delta t} = \frac{T(i\Delta z, k\Delta t) - T((i-1)\Delta z, k\Delta t)}{\Delta z} = \left| T(i\Delta z, k\Delta t) = T_{i,k} \right| =$$

$$= \frac{T_{i,k} - T_{i-1,k}}{\Delta z};$$

$$\frac{\partial T(z,t)}{\partial t} \approx \frac{T(z, t + \Delta t) - T(z, t)}{\Delta t} = \frac{T_{i,k+1} - T_{i,k}}{\Delta t}$$

Здесь Δz – величина шага по координате Z , Δt – величина шага по времени.

Таким образом, исходное уравнение заменится следующим конечно-разностным уравнением

$$u \frac{T_{i,k} - T_{i-1,k}}{\Delta z} + \frac{T_{i,k+1} - T_{i,k}}{\Delta t} = \frac{\Pi i \Delta z q_0}{F \rho c L}$$

Отсюда найдём, что

$$T_{i,k+1} = \frac{\Pi q_0 i \Delta z \Delta t}{F \rho c L} + T_{i,k} \left(1 - \frac{u \Delta t}{\Delta z}\right) + T_{i-1,k} \frac{u \Delta t}{\Delta z}$$

Расчёт нагрева ведётся по этой формуле, при этом $\Delta z = \frac{L}{m}$,

где m – число шагов по координате Z . При выборе размера шага по времени Δt использовали условие устойчивости данной разностной схемы, которое согласно [1] имеет вид

$$\frac{u \Delta t}{\Delta z} \leq 1$$

На рисунке 1 приведены результаты расчета распределения температуры воды по длине трубопровода длиной $L=10$ м для моментов времени 0, 10, 20 с при $q_0=10^5$ Вт/м², $u=0,5$ м/с, $f_1(z)=10^\circ\text{C}$, $f_2(t)=10^\circ\text{C}$. Нарисунке 2 показано, как для указанных условий изменяется во времени температура воды на выходе из трубы. По рисунку 2 видно, что длительность переходного процесса равна 18 с. В целом, анализ полученных результатов показывает, что численный алгоритм устойчив и с достаточной точностью аппроксимирует исходную дифференциальную задачу. Алгоритм пригоден для изучения как переходных, так и для стационарных режимов нагрева.

Полученные результаты также могут быть использованы при моделировании и исследовании нагрева жидкости в проточных нагревателях.

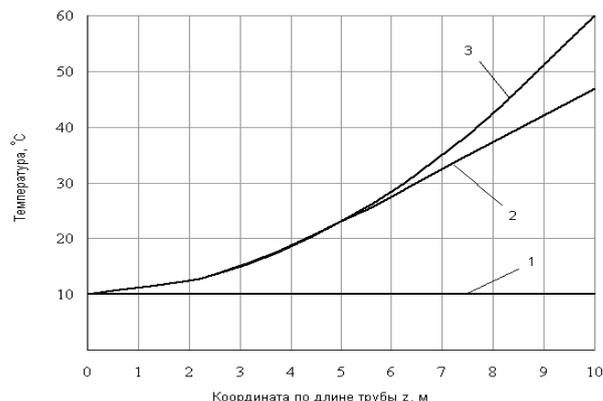


Рис. 1. - Распределение температуры воды по длине трубы

для моментов времени: 1 – 0 с, 2 – 10 с, 3 – 20 с.

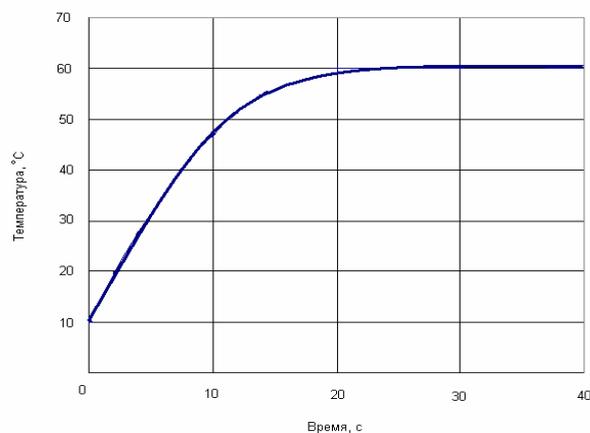


Рис.2. - Переходный процесс на выходе из трубы

Библиографический список

1. Численные методы в газодинамике турбомашин / Л.А. Дорфман // –Л.: Энергия, 1974. – 272 с.

**СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ С ПЕРЕМЕННЫМ РАСХОДОМ ВОЗДУХА:
АЭРОДИНАМИКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ**
VARIABLE AIR VOLUME VENTILATION SYSTEMS: AERODYNAMICS
OF THE VENTILATION SYSTEMS

Нагорная А.Н., Морозова Н.С.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрены вопросы аэродинамики вентиляционных сетей с переменным расходом воздуха. Предложен вариант использования кольцевых сетей воздуховодов для стабилизации статического давления по длине сети и обеспечения оптимального воздухораспределения при изменении расхода воздуха. Выполнено компьютерное моделирование вентиляционной сети тупиковой и кольцевой конфигурации в программном пакете SolidWorksFlowSimulation.

Abstract. The problems of aerodynamics of ventilation systems with variable air volume flow. A variant of the use of ring networks to stabilize the duct static pressure along the length of the network and ensure optimum air distribution when changing the air flow. Computer simulation of ventilation network deadlock and an annular configuration in the software package SolidWorks Flow Simulation.

Ключевые слова: гостиницы, энергосбережение, вентиляция, переменный расход воздуха, кольцевые сети воздуховодов, VAV-регуляторы.

Keywords: hotels, energy, ventilation, variable air flow, annular duct system, VAV-regulators.

В настоящее время с целью обеспечения комфортного пребывания людей большинство современных общественных зданий оборудованы системами механической приточно-вытяжной вентиляции. Это прописано в требованиях современной нормативной литературы [1]. При этом затраты на нагрев приточного вентиляционного воздуха зимой и его охлаждение летом становятся одной из самых крупных статей расхода при эксплуатации общественного здания.

Особенностью эксплуатации некоторых общественных зданий является неравномерность их заполнения. К таким зданиям в первую очередь относятся гостиницы. Согласно статистическим данным [2], в основном, в Челябинске представлен сегмент делового туризма. На его долю приходится около 80-90% всех прибывающих в город людей. Среднегодовой показатель заполняемости гостиниц Челябинска составляет примерно 50-65%. При этом гостиницы в течение года заполняются крайне неравномерно. Во время проведения массовых мероприятий, таких как, например, чемпионаты мира, международные форумы, гостиницы могут заполняться на 100%. При этом в другое время, может быть занято только 20-30% номеров [2].

Учитывая данную особенность эксплуатации, получается, что самый экономичный способ вентилирования зданий со значительной неравномерностью использования – это применение систем с переменным расходом воздуха, когда производительность этих систем, в случае гостиниц, зависит от количества занятых номеров.

Гостиницы, как правило, являются зданиями «коридорного типа», поэтому в них используется следующая стандартная схема вентиляции: магистральный воздуховод прокладывается под потолком коридора, а в каждый номер заходит отдельное ответвление. Система вентиляции с переменным расходом воздуха реализуется с помощью электронных ключей (карточек). Когда постоялец

входит в номер, вставляет такую карточку и, тем самым, автоматически обеспечивает подачу электроэнергии в номер, в этот момент открывается заслонка на ответвлении от магистрального воздуховода, обеспечивая подачу приточного воздуха.

Регулирование расхода воздуха на источнике (приточной установке) достигается установкой частотного регулятора скорости вращения вентилятора. Однако, при уменьшении расхода воздуха изменяется скорость в сечении воздуховода и, соответственно, потери давления. Вследствие этого нарушается аэродинамический режим вентиляционной сети, а, следовательно, и гидравлическая увязка ответвлений. Расход воздуха, поступающего через ответвления на магистральном воздуховоде (в данном случае в гостиничные номера), изменяется непропорционально, при закрытии одних ответвлений он может вырасти или снизиться в других в 2-3 раза по сравнению с номинальным.

Проблему нарушения аэродинамики вентиляционной сети при изменении расхода воздуха предлагается решить с помощью поэтажной «закольцовки» магистральных воздуховодов. Перемычка позволяет снизить неравномерность воздухораспределения за счет перетока воздуха от более нагруженной ветки к менее нагруженной путем смещения «нулевой» точки. Предложенная схема способствует выравниванию статического давления по длине воздуховода, тем самым повышается равномерность раздачи воздуха через ответвления.

Для проверки данного предположения в программном пакете SolidWorksFlowSimulation была смоделирована вентиляционная сеть здания 2-х этажной гостиницы с 12-ю номерами на каждом этаже.

Принцип работы программного комплекса SolidWorksFlowSimulation представлен в следующих работах [3].

Расход воздуха через каждое отверстие принят равным $500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Вентиляционная сеть в режиме полной загрузки в проектом режиме отрегулирована путем изменения площадей поперечного сечения отверстий, движения воздуха по перемычке нет.

В режиме эксплуатации рассмотрена ситуация наполненности гостиницы на 60%, на втором этаже занято 6 номеров, а на первом – 8. Расход воздуха в системе регулируется вентилятором с частотным преобразователем, пропорционально количеству занятых номеров.

На рисунках 1 и 2 представлено продольное сечение вентиляционной сети с эпюрой скоростей. Области с наименьшей скоростью движения воздуха показаны чёрным цветом, цвета постепенно изменяются к белому по мере увеличения скорости. Чёрные линии показывают интенсивность и характер движения воздуха. Их концентрация прямо пропорциональна скорости движения.

Из рисунка 1 видно, что воздух на первом этаже доходит только до 11-го отверстия по ходу движения воздуха, а в 12-е он поступает через перемычку со второго этажа.

Из рисунка 2 следует, что при отсутствии замыкающей перемычки равномерность воздухораспределения значительно нарушается. Расход у первых отверстий сильно падает, а у последних – увеличивается почти в 2 раза из-за большой площади поперечного сечения.

Численные значения расходов через отверстия при двух конфигурациях сети представлены в таблице 1 (отверстия пронумерованы по ходу движения).

Выполненные расчёты показали, что установка перемычки, которая будет закольцовывать поэтажные воздухопроводы в зданиях коридорного типа, способствует выравниванию расходов воздуха через отверстия при снижении производительности системы.

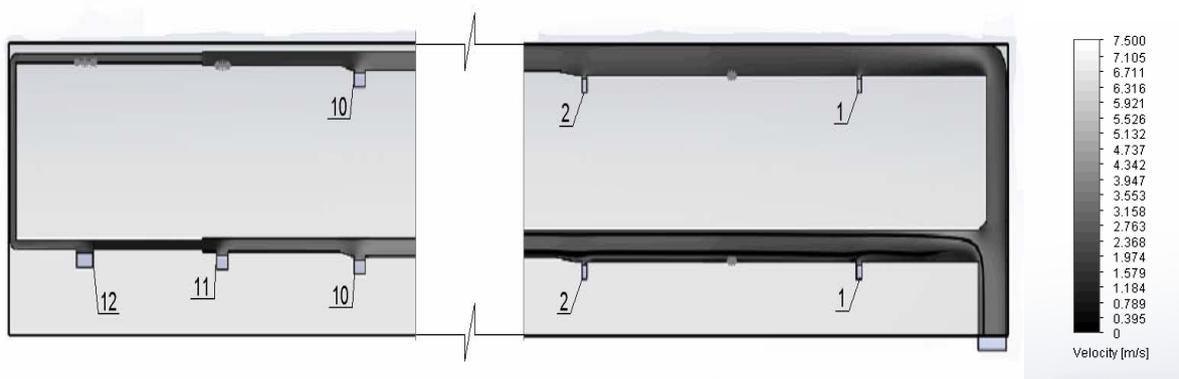


Рис.1. - Эпюра скоростей в закольцованной вентиляционной сети при загрузке гостиницы 60%

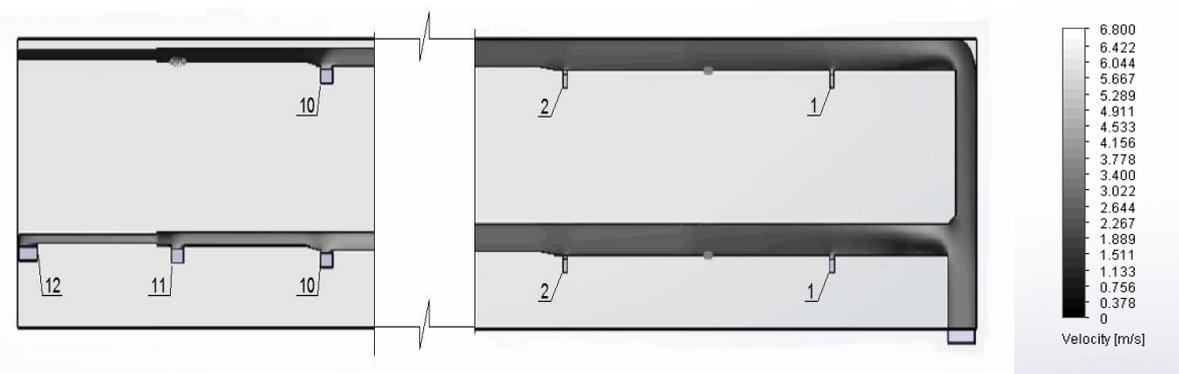


Рис.2. - Эпюра скоростей в вентиляционной сети без замыкающей перемычки при загрузке гостиницы 60%

Аэродинамикой систем с переменным расходом воздуха занимаются многие инженеры-исследователи. Например, Таечеол Ким из университета Оклахомы, США изучал оптимальный метод подбора сечений воздухопроводов для вентиляционных систем с изменяющимся расходом воздуха [4].

Компания Belimo предлагает устанавливать на ответвлениях в каждом помещении VAV регуляторы, которые поддерживают заданный расход приточного воздуха в зависимости от текущей потребности. Необходимая величина расхода определяется значением внешнего управляющего сигнала, который может поступать от терморегулято-

ров, датчиков углекислого газа или других элементов системы управления, находящихся в помещении. На измерительных элементах VAV регулятора, установленных в воздуховоде, возникает перепад давлений, зависящий от скорости воздуха. Значение этого перепада подаётся на измерительный преобразователь, где определяется фактический расход воздуха, который потом сравнивается с заданным. Исходя из этого сравнения формируется величина отклонения, на основании которого генерируется сигнал для изменения положения дроссельной заслонки [5].

Таблица 1 – Расходы воздуха через приточные отверстия

Номер приточного отверстия	Расход воздуха, м ³ /ч, в системе без «закольцовки». (Рисунок 2)	Расход воздуха, м ³ /ч, в системе с «закольцовкой» (Рисунок 3)
1 этаж		
1	160	350
2	закрыто	
3	180	460
4	закрыто	
5	215	380
6	закрыто	
7	325	420
8	420	460
9	закрыто	
10	1160	770
11	870	770
12	1160	460
2 этаж		
1	160	350
2	закрыто	
3	180	460
4	180	350
5	закрыто	
6	закрыто	
7	закрыто	
8	420	460
9	690	580
10	1160	770
11	закрыто	
12	закрыто	

Такая система достаточно эффективна в поддержании заданного расхода воздуха в помещении. Её главными недостатками являются: высокая стоимость средств автоматизации и высокие требования к квалификации обслуживающего их персонала.

Предложенное в работе решение с кольцевой сетью воздуховодов обеспечивает не такое точное поддержание расходов воздуха в ответвлениях при изменении скорости в магистрали, как в случае применения VAV регуляторов. Однако применение кольцевых сетей воздуховодов позволяет значительно снизить стоимость системы. Наличие соединяющей перемычки позволяет отказаться от дорогостоящих регуляторов, заменив их обычной двухпозиционной заслонкой. Такую систему легко автоматизировать и эксплуатировать.

Библиографический список

1. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха – М.: Минрегион России, 2012. – 81с.
2. PRO Челябинск [Электронный ресурс]. URL: <http://http://chelyabinsk.arendator.ru/> (дата обращения 04.09.2014).
3. Нагорная, А.Н. CFD-моделирование теплового и воздушного режима кинотеатра /А.Н. Нагорная, Е.В. Денисюк// Вестник ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». – 2013. – том 13 №2. – С. 61-63.
4. Taecheol, Kim. Optimum duct design for variable air volume systems/ Kim Taecheol. – USA: Oklahoma State University, 2001 – 172с.
5. Бучек, Р. Системы VAV: руководство / Р. Бучек, М. Хлудзинска, Г. Кубицки. – Краков: Группа FORTIS, 2009 – 80 с.

РАЗРАБОТКА ТИПОВОЙ СХЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

ELABORATION OF A TEMPLATE HOT WATER FOR OFFICES COMPANY

Ярина Т.В., к.т.н., ст. преподаватель; Бондарь М.С., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассматривается задача нагрева воды до требуемой температуры 60°C как в летний, так и в зимний период. Приводятся схемы горячего водоснабжения офисных помещений предприятия, а так же технические характеристики водопроводов, теплообменников, насосов, используемых в схемах. В результате расчетов была предложена новая схема горячего водоснабжения, которая соответствует требованиям по расходу и температуре горячей воды. Результаты могут быть использованы при проектировании горячего водоснабжения в офисных зданиях различных предприятий.

Abstract. The problem of heating the water to the desired temperature of 60°C in summer and in winter. Schemes of hot water supply of office space enterprise, as well as the technical characteristics of water pipes, heat exchangers, pumps used in the schemes. The calculations suggested a new scheme of hot water that meets the requirements of flow and temperature of the hot water. The results can be used in the design of hot water in the office buildings of various enterprises.

Ключевые слова: проектирование горячего водоснабжения, энергоэффективность, тепловая схема, технические характеристики.

Keywords: design hot water supply, energy efficiency, thermal circuit specifications.

В данной работе проектируется система горячего водоснабжения (ГВС) для офисных зданий предприятия, предназначенное для удовлетворения гигиенических и бытовых нужд, работает по системе закрытого типа и находится под постоянным давлением 4-6 атм.

В ходе использования горячей воды, подпитка системы осуществляется холодной водой посред-

ством насосной станции хозяйственно-бытового водоснабжения из накопительной пожарной емкости, объемом 500м³. Во время пиковых расходов горячей воды, при пересменке, ее температура в течении 15-20 минут использования падает с 40-50°C до 20-30°C. Регулировка температуры в системе ГВС осуществляется в ручном режиме по рисунку 1.

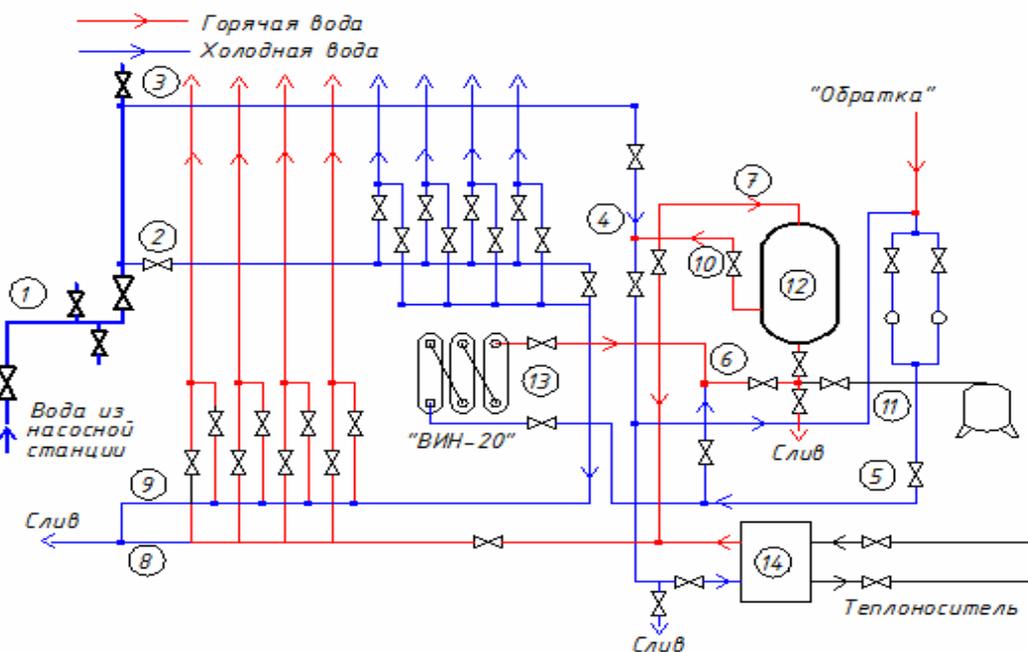


Рис.1. - Существующая схема водоснабжения предприятия.

Вода из насосной станции хозяйственно-бытового водоснабжения поступает по трубопроводу 1 в трубопровод 2, для подачи холодной воды в сеть и 3 для нагрева в теплообменниках 14 и 13. Нагретая вода поступает в накопительную ем-

кость 12, а из нее уходит к потребителям, по трубам 9.

Температура воды, поступающей из насосной станции, составляет около 5°C зимой и около 10°C летом. После прохождения по трубопроводам она

нагревается естественным путем до температуры 10-15°C, а дальше ее нагрев осуществляется в пластинчатом теплообменнике 14. Температура теплоносителя на входе в пластинчатый теплообменник составляет $t_{\text{подача}}=90^{\circ}\text{C}$, на выходе $t_{\text{обратн.}}=70^{\circ}\text{C}$:

$$t_{\text{ср}}=(70+90)/2=80^{\circ}\text{C}$$

Таким образом, вода, предназначенная для нужд ГВС, может прогреться максимум до температуры:

$$t_{\text{max ГВС}} = (80+10)/2=45^{\circ}\text{C}$$

Нормативная температура горячей воды (в местах водоразбора) должна составлять 60°C, в соответствии с [1].

В существующей системе ГВС, температура горячей воды, прошедший через теплообменник составляет 30-45°C. В связи с этим дополнительно приходится использовать индукционный электронагреватель 13, в который холодная вода, с температурой 10-15°C, поступает по трубопроводу 5. После него вода направляется в накопительную емкость 12 по трубопроводу 6.

Средняя температура воды, на выходе из нагревателя, составляет $t_{\text{ср ВИН}}=70^{\circ}\text{C}$. Из накопительной емкости 12 вода, по трубопроводу 7, попадает в трубопровод 8, смешиваясь в нем с водой, поступающей через пластинчатый теплообменник 14 и уходит к потребителям, по трубопроводам 9, со средней температурой:

$$t_{\text{ср}}=(70+45)/2=57,5^{\circ}\text{C}$$

Подпитка воды, в случае ее разбора, происходит из трубопровода 4, тем самым, постепенно, охлаждая воду в емкости до своей температуры, 10-15°C. При интенсивном разборе, всеми душевыми лейками, горячей воды хватает максимум на 15-20 минут, чего не достаточно для помывки всей смены (15-16 человек). При этом, иногда, душевыми пользуются и подрядчики, это еще 3-6 человек.

Расход горячей воды на одного человека составляет 0.14 л/с [1], продолжительностью помывки в среднем составляет 25-40 минут. Таким образом, максимальная потребность в горячей воде составляет : $G=11 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Предприятие состоит из 3 корпусов в которых имеется:

1. умывальники 20шт
2. душевые лейки 16шт

Количество сотрудников в день составляет 40 человек. Из них 16 в конце каждой смены (утром и вечером) принимают душ. Расход горячей воды на предприятии должен составлять при напоре воды 30м водяного столба:

Из расчета видно, что общая потребность в горячей воде больше 2 м^3 , а накопительная емкость бака всего 2.5 м^3 . На основании расчета необходимо увеличить накопительную емкость до двух баков по $2-2.5\text{ м}^3$ и установить их по рисунку 2.

В целях поддержания температуры воды 60°C на входе в душевую необходимо поменять расположение трубопроводов по рисунку 2 с диаметрами труб из таблицы 2 и предусмотреть изоляцию баков 12.

Новая схема предусматривает отдельный подогрев воды зимой и летом. Зимой вода из насосной станции хозяйственно-бытового водоснабжения поступает по трубопроводу 1 в трубопровод 2, для подачи холодной воды в сеть и 3 для нагрева в теплообменнике 14. При этом шаровой кран А зимой закрыт, а кран Б открыт. Холодная вода с температурой 5-10°C, нагревается в пластинчатом теплообменнике 14 до 40-45°C [2]

Температура теплоносителя на входе в теплообменник составляет $t_{\text{подача}}=90^{\circ}\text{C}$, на выходе $t_{\text{обратн.}}=70^{\circ}\text{C}$, тогда средняя температура ГВС:

$$t_{\text{ср}}=(70+90)/2=80^{\circ}\text{C}$$

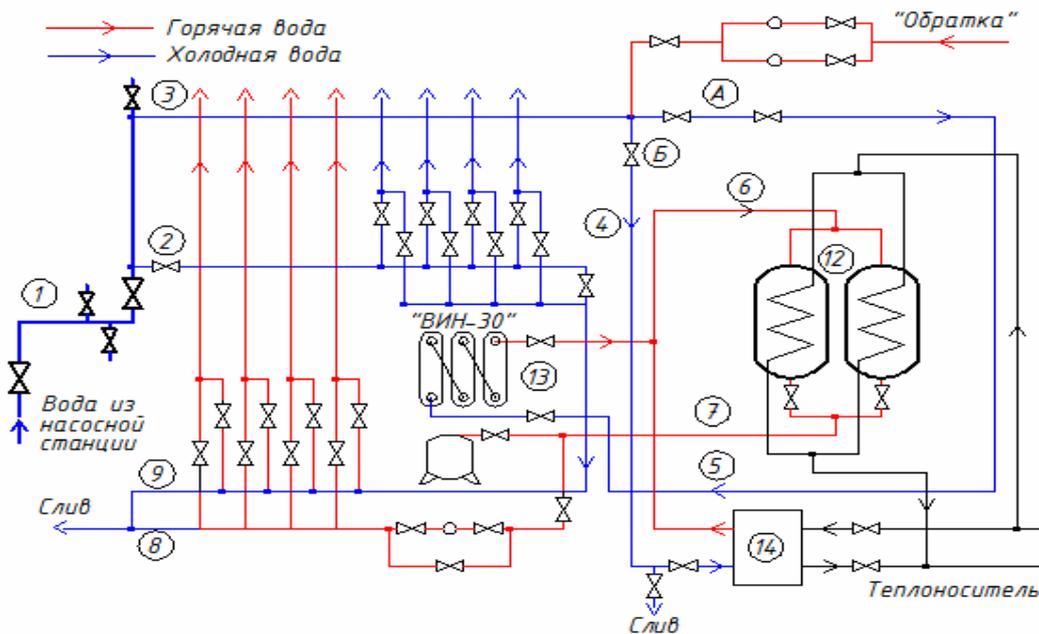


Рис.2. - Разработанная схема водоснабжения предприятия.

Таким образом вода, предназначенная для ГВС, со скоростью 0,8-0,95 м/с поступает в накопи-

тельные баки с одновременным нагревом и заполняет их за 8 часов, что удовлетворяет времени ме-

жду сменами. Вода может подогреваться в накопительных баках до температуры:

$$t_{ГВС} = (80+45)/2 = 67,5^{\circ}\text{C}$$

С этой температурой вода поступает по трубопроводу 7 в душевые.

Внутри баков устанавливается змеевик по всей высоте, с шагом между витками 5-10 см.

Количество тепла необходимое для подогрева воды составит:

$$Q = \sigma \times s \times (t_2 - t_1) = 7.7 \text{ кВт}$$

Для того, чтобы не происходило потерь тепла от бака, емкость необходимо изолировать изоляционным материалом типа Energoflex, толщиной не менее 1-1.5 см. Для поддержания необходимого напора воды в душевых во время максимального водоразбора, необходимо поставить дополнительный насос 15 производительностью не менее 4м³/ч, напором не менее 5м. Летом, подача холод-

ной воды осуществляется аналогично зимнему варианту (шаровой кран А открыт, а кран Б закрыт). Вода по трубопроводу 4 поступает для нагрева в теплообменник 13, мощностью 30кВт. Холодная вода, с температурой 5-10^oС, нагревается в нем до 70^oС и поступает в баки накопители за 5 часов, где за счет утеплителя баков потери тепла не наблюдаются, Горячая вода подходит к душевым с температурой 60^oС.

В результате предложенных мероприятий потребитель получает горячую воду круглый год с температурой 60^oС зимой, где нагрев происходит за счет котла, а летом за счет электрических нагревателей, что позволяет значительно экономить топливо и электричество. Дополнительный насос позволяет подавать горячую воду с требуемым расходом без перебоев.

Таблица 1- Техническая характеристика существующей схемы водоснабжения предприятия:

Поз.	Наименование и техн. характеристика	Ед. изм.	Показатель	
1	трубопровод	мм	Ø89	
2	трубопровод		мм	Ø69
3	трубопровод			
4	трубопровод			Ø40
5	трубопровод			
6	трубопровод			
7	трубопровод			Ø50
8	трубопровод			
9	трубопровод			Ø32
10	трубопровод			
11	трубопровод			м ³
12	Накопительная емкость	2.0		
13	Вихревой индукционный нагреватель "ВИН-20"	кВт	20	
14	Пластинчатый теплообменник ТПП S07-016-044	м ²	7.067	

Таблица 2 - Техническая характеристика разработанной схемы водоснабжения предприятия:

Поз.	Наименование и техн. характеристика	Ед. изм.	Показатель	
1	трубопровод	мм	Ø89	
2	трубопровод		мм	Ø40
3	трубопровод			
4	трубопровод			Ø40
5	трубопровод			
6	трубопровод			
7	трубопровод			Ø40
8	трубопровод			
9	трубопровод			Ø32
12	Накопительная емкость	м ³		
13	Вихревой индукционный нагреватель "ВИН-20"		кВт	20
14	Пластинчатый теплообменник ТПП S07-016-044	м ²	7.067	
15	Насос (напор 5м)	м ³ /ч	4	

Библиографический список

1. СанПин 2.1.4.2496-09 "Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения"
2. Гамбург П. Ю. Таблицы и примеры для расчета трубопроводов отопления и горячего водоснабжения. М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам., 1961. - 196 с.

ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ОПЕРАЦИОННЫХ

THE CHOICE OF THE CONCEPT OF EFFECTIVE VENTILATION MEDICAL OPERATING

Старкова Л.Г., к.т.н., доцент

Аннотация. Система вентиляции и воздухоподготовки является основным и наиболее действенным инструментом достижения оптимальных параметров стерильности в операционных. В ее основу положены подходы и принципы, традиционно применяемые для чистых помещений. Однако, при разработке проекта вентиляции возникают сложные вопросы, касающиеся выбора и внедрения эффективной концепции вентиляции операционной в рамках существующих нормативных требований.

Abstract. Ventilation and air preparation is the primary and most effective tool for optimum sterility in the operating room. It is based on the approaches and principles traditionally used for clean rooms. However, when designing the ventilation raises difficult questions concerning the selection and implementation of an effective framework ventilation operating within the existing regulatory requirements.

Ключевые слова: чистые помещения, операционная; вентиляция, энергоэффективность, нормативные документы, ламинарный воздушный поток, рециркуляция, схема подготовки воздуха.

Keywords. clean room, operating room; ventilation, energy efficiency, regulatory instruments, laminar air flow, recirculate, circuit training air.

В настоящее время, в рамках реформы здравоохранения в Российской Федерации выделяется немало государственных средств на переоснащение медицинских учреждений в связи с их широкомасштабной модернизацией. Во всех медицинских учреждениях имеются помещения, относимые к разряду «чистых»: операционные, палаты реанимации и интенсивной терапии, родильные залы и т.п. Основные понятия и принципы строительства чистых помещений изложены в [1].

Основной задачей чистого помещения является снижение риска развития постоперационных инфекционных осложнений, профилактика развития внутрибольничной инфекции. Система вентиляции и воздухоподготовки является основным и наиболее действенным инструментом достижения оптимальных параметров стерильности в операционных.

В настоящее время, в России действуют одновременно несколько нормативных документов устанавливающих требования к системам вентиляции чистых помещений [3;4;5;6;7]. Современная вентиляция чистых помещений предполагает достаточно большие капиталовложения, энергозатраты и эксплуатационные расходы. Одновременное выполнение всех требований нормативных документов ставит разработчиками весьма сложную задачу: в рамках соблюдения действующих норм обоснованно выбрать и реализовать наиболее рациональную и эффективную концепцию системы вентиляции.

Основные принципы защиты чистых помещений от загрязнений

Организация защиты чистых помещений от загрязнений, вносимых из менее чистых зон, согласно [1], возможна двумя способами:

- поддержание в чистых помещениях более высокого статического давления по сравнению с соседними зонами;

- поддержание достаточной скорости потока воздуха в месте разграничения чистой и менее чистой зоны.

Для реализации первого способа используется принцип перепада давления: между зонами с различными классами чистоты поддерживается перепад давлений от 5 до 20 Па, за счет создания турбулентной (перемешивающей) вентиляции помещений.

Для реализации второго способа используется принцип однонаправленного вытесняющего потока с помощью которого происходит разделение чистой и менее чистой соседних зон.

При этом, следует обеспечить поступление достаточного количества наружного воздуха для вентиляции в соответствии с санитарными требованиями, компенсации утечек воздуха на границах чистых помещений или чистых зон и компенсации вытяжек воздуха.

Выбор способа должен быть тщательно обоснован перед началом разработки проекта. Помочь решению этой сложной задачи стоящей перед проектными, экспертными и финансовыми службами должна научно обоснованная нормативная база.

Наиболее квалифицированным действующим на сегодняшний день нормативным документом ЕС, регламентирующим вопросы вентиляции и кондиционирования в медучреждениях, является немецкий стандарт DIN 1946 Часть 4 [2]. Упомянутый стандарт распределяет операционные по 5 классам и дает подробные рекомендации по организации в них системы вентиляции. В настоящее время упомянутый стандарт пересматривается с целью еще более дробной классификации операционных.

Анализ российской нормативной документации показывает, что в Российской Федерации не проведена достаточная работа по нормированию концепций вентиляции для различных категорий операционных, что ставит проектировщиков в весьма затруднительное положение. Выбор концепции выполняется самим проектировщиком, для чего ему необходимо тщательно анализировать все преимущества и недостатки каждого способа и каждой схемы, либо пользоваться рекомендациями

зарубежных стандартов. При этом у проектировщиков нет нормативных обоснований для защиты выбранной концепции перед органами Государственной экспертизы.

Ниже приводятся наиболее важные факторы и авторские рекомендации помогающие специалистам всех уровней ориентироваться в выборе наиболее целесообразной схемы вентиляции.

Анализ общепринятых схем вентиляции операционных и соответствия их нормативной базе РФ

Схемы вентиляции операционных с однопоточным потоком воздуха

Наиболее эффективная реализация данной концепции требует, чтобы зона ламинарного потока полностью покрывала операционный стол, персонал оперирующей бригады, а также столики с инструментами и стерильными материалами. Таким образом, создается "стерильная зона", накрываемая воздухом, прошедшим абсолютную фильтрацию, что крайне необходимо при проведении полостных операций. Создаваемая таким образом динамическая защита операционного поля, значительно в меньшей степени подвержена влиянию открытия или закрытия дверей в операционной.

Скорость воздушного потока в зоне ламинара должна составлять от 0,2 до 0,45 м/с. Это объясняется тем, что при меньшей скорости воздуха будет невозможно добиться стабильного ламинарного потока - слабые воздушные струи под воздействием сопротивления будут образовывать турбулентные завихрения в зоне воздушного плена. Нормативные документы ЕС учитывают это обстоятельство и четко обозначают максимально-допустимую скорость - 0,45 м/с. В нормативных документах РФ ряд документов [4;5;7] обозначают указанную скорость в пределах 0,24-0,3м/с, что по мнению автора наиболее целесообразно.

Вопросы рециркуляции и экономии энергетических ресурсов

Чем больше площадь ламинарного поля, тем больше энергетических ресурсов потребуется для воздухоподготовки требуемого объема воздуха. Активное использование частичной локальной рециркуляции в пределах операционной ведет к значительной экономии ресурсов. При этом, требуемый минимальный объем добавляемого наружного воздуха, необходимого для разбавления концентрации анестезиологических газов в операционной, как правило составляет примерно 25-35% от общего воздухообмена.

Европейские нормы допускают рециркуляцию при условии соблюдения следующих требований:

- 1) Рециркуляция осуществляется в пределах одного и того же помещения;
- 2) Рециркуляционный воздух, равно как и наружный, должен быть подвержен очистке 2-й и 3-й ступени фильтрации;
- 3) Уровень шума в центре операционного помещения на уровне 1,7 м от пола не должен превышать 48 Дб.

Российские нормы опять не позволяют принять однозначных решений.

Так в [4] в п 5.5 говорится.: в виду значительных расходов воздуха для формирования однопоточного

поточного потока целесообразно использовать систему вентиляции и кондиционирования воздуха с местной рециркуляцией воздуха, а также в п.6,1 говорится о необходимости применять решения, снижающие капитальные затраты и эксплуатационные расходы за счет обоснованного применения рециркуляции воздуха и т.д. Однако, в [6] в п. 7.4.4. говорится, что рециркуляция воздуха не допускается из помещений, в воздухе которых имеются болезнетворные бактерии и грибки в концентрациях, превышающих установленные органом санитарно-эпидемиологического надзора. Данное требование значительно усложняет обоснование применения рециркуляции в операционных т.к. ответственность от принятого решения возлагается на проектировщика, для чего требуется исследование обсемененности помещения, выполнение расчета на КОЭ и согласование этого расчета в органе Санэпиднадзора. В частности, такое требование было выставлено при согласовании проекта вентиляции операционной в органе Государственной экспертизы Челябинской области. Ввиду больших временных и организационных затрат связанных с исполнением этого требования, проектировщики вынуждено отказались от применения рециркуляции. В тоже время согласно п. 7.39 [5] и п. 7.2.3.5 [7] рециркуляция в операционных допустима в пределах одного помещения дополнительно к нормативному объему подачи свежего воздуха, без иных ограничений. На взгляд автора, последнее требование наиболее оправдано и рационально.

При использовании ламинарных распределителей и центрального кондиционера, возможна реализация классических схем как «с первой» так и «со второй» рециркуляцией, т.е. до или после тепловлажностной обработки воздуха в кондиционере.

Наиболее популярна последняя схема. Данная схема предполагает смешение потоков воздуха внутри обслуживаемого помещения, т.е. после обработки только наружного воздуха в центральном кондиционере. Для чего в помещении дополнительно устанавливаются рециркуляционные модули. Данная система специально разработана для решения вопроса рециркуляции и подачи воздуха в ламинар в условиях ограниченного пространства, недостаточного для прокладки воздухопроводов большого сечения. В отличие от систем с забором воздуха на уровне потолка, забор воздуха осуществляемый рециркуляционными модулями, не приводит к нарушению направления движения воздуха в зоне ламинара.

Использование этой схемы дает очень высокий энергосберегающий эффект, т.к.:

-требуется охлаждение и увлажнение только минимально необходимой части наружного воздуха (экономия холодопроизводительности и электроэнергии),

-точка смеси попадает в точку параметров приточного воздуха (точка П на I-d диаграмме), что позволяет избавиться от калорифера второго подогрева (экономия тепловой энергии),

-не требуется прокладка воздухопроводов из нержавеющей стали, т.к. фильтр высокотонкой очистки (HEPA) расположен в ламинаре непосредственно перед выпуском воздуха в рабочую зону.

Основной недостаток применения рециркуляционных модулей – высокая стоимость (30-35% от общей сметной стоимости системы вентиляции) и, соответственно, длительный, срок окупаемости. Возможность реализации такой схемы обязательно должна проверяться построением процессов обработки воздуха на I-d диаграмме.

В качестве альтернативной схемы дающей те же преимущества по энергосбережению, может использоваться приточная схема с частичным байпасированием наружного воздуха в обход блока охлаждения. Такая схема целесообразна при использовании фреоновых воздухоохладителей непосредственного действия, что является намного экономичнее, чем использование водяных теплообменников с водоохлаждающей холодильной машиной. Возможность реализации этой схемы необходимо также проверять построением процессов обработки воздуха на I-d диаграмме.

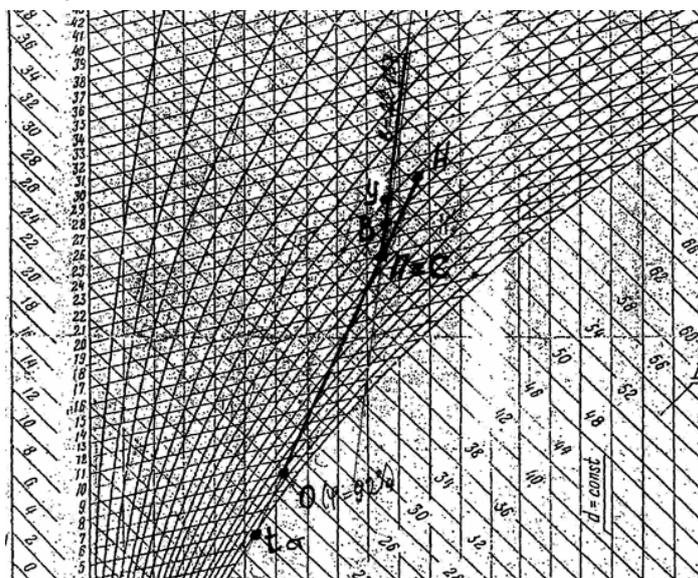


Рис.1 - I-d диаграмма процессов обработки воздуха в теплый период для операционной г. Челябинска по приточной схеме с байпасированием части наружного воздуха в обход фреонового воздухоохладителя.

Основные данные расчета:

Расчетное количество воздуха для ассимиляции тепловлагодизбытков: $L_{расч} = 2900 \text{ м}^3/\text{ч}$

Минимальное количество наружного воздуха - $L_n = 890 \text{ м}^3/\text{ч}$

Количество воздуха проходящего через теплообменник, определенное на основе данных I-d диаграммы по формуле $L_o = L_{расч} * \text{НП}/\text{НО}$ где НП и НО –длины в см соответствующих отрезков на диаграмме : $L_o = 2900 * 2/7 = 828 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Расчетная мощность охлаждения воздуха определенная на основе данных I-d диаграммы по формуле $Q_{хол} = L_o \rho (I_n - I_o)$: $Q_{хол} = 6578 \text{ Вт}$

Расчетная мощность догрева воздуха: $Q_{тепл} = 0 \text{ Вт}$

Скорость воздуха в ламинарном потоке (с учетом $K_{ж.с. ламинара} = 0,75$) : $0,24 \text{ м}/\text{с}$

Расчетная мощность охлаждения при схеме с применением рециркуляционных модулей (схема со « второй рециркуляцией »): $Q_{хол. рец} = 8600 \text{ Вт}$

Как видно из рисунка и результатов расчета, для приведенного примера в г. Челябинске схема

На рис.1 показан пример построения процессов для схемы «с байпасированием» воздуха в теплый период для операционной роддома в г. Челябинске, площадью 30 м^2 и размерами ламинарного поля $4,32 \text{ м}^2$ (условный размер поля $1,8 \times 2,4 \text{ м}$). Количество наружного воздуха, проходящего через воздухоохладитель определяется в результате построений на I-d диаграмме точки смеси (точка С) частей наружного (точка Н) и охлажденного в теплообменнике (точка О) воздуха. При этом точка смеси (точка С) должна совпасть с точкой приточного воздуха (т. П).

В случае, если количество охлаждаемого воздуха получится меньше минимальной нормы наружного воздуха, то данная схема будет экономичней схемы «с рециркуляцией» как по капитальным, так и по эксплуатационным затратам, при этом, все нормативные требования будут соблюдены.

«с байпасированием» части наружного воздуха в теплый период года более энергоэффективна, чем схема «с рециркуляцией», т.к. в теплообменнике охлаждается меньшее количество наружного воздуха ($L_o < L_n$). Стоимость такой системы кондиционирования будет минимальной, т.к. не используется дорогостоящее оборудование такое как: рециркуляционные модули, чиллер, нержавеющие воздуховоды, калорифер второго подогрева. По этим причинам, данная схема может быть рекомендована как наиболее целесообразная при выборе способа кондиционирования воздуха для операционных подобного типа.

Стоит отметить, что минусом данной схемы является ограниченная возможность регулирования мощности охлаждения воздуха. Задача регулирования в данном случае решается в основном за счет изменения воздухопроизводительности вентилятора с помощью частотных регуляторов скорости, или за счет автоматического регулирования соотношения потоков байпасируемого и охлаждаемого потоков воздуха. Вопрос степени и способа регулирования мощности охлаждения воздуха

обязательно должны решаться по согласованию с Заказчиком.

При использовании водяных увлажнителей и воздухоохладителей тот же эффект энергосбережения достигается регулированием процесса подачи рабочей жидкости в теплообменники, необходимость в устройстве байпаса отсутствует. Регулирование мощности охлаждения наиболее гибкое. Недостаток – высокая стоимость чиллера для охлаждения воды по сравнению с компрессорно-конденсаторным блоком, соответственно, для рассматриваемого примера 32% т 16% от сметной стоимости системы.

В рассмотренном примере стоимость ламинарных воздухораспределителей составила 29% от сметной стоимости системы. К сожалению, из-за высоких капитальных затрат, применение концепции ламинарных однонаправленных потоков большой площади далеко не всегда представляется возможным, особенно для возможностей муниципальных больниц. В таком случае, единственно применимой является концепция более традиционной турбулентной вентиляции помещений.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 14644-4-2002 .Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды- М.:Госстрой России,2002.-163с.
2. DIN 1946 Часть 4: .Системы вентиляции и кондиционирования в зданиях и помещениях, используемых в сфере здравоохранения- 24с.;
3. СанПин2.1.3.2630 -10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям,осуществляющим медицинскую деятельность- М.:2010-160с.
4. ГОСТ Р 52539-2006 .Чистота воздуха в лечебных учреждениях - М. : Стандартиформ,2006.-18с.
5. СП.118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» актуализированная редакция объединенных СНиП 31-06-2009-М.,2012-60с.
6. СП 60.13330.2012 « Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха".Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003- М. России,2012.
7. СП 000.13330.2014 Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования-М.,2013-256С.

УДК 624.04

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦЕРКВИ ГЕОРГИЯ ПОБЕДОНОСЦА
В СЕЛЕ ВАРЛАМОВО ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**
RESTORATION OF THE CHURCH OF GEORGE THE VICTORIOUS
IN THE VARLAMOVO VILLAGE OF THE CHELYABINSK REGION

В.Д. Оленьков, к.т.н., профессор; А.О. Колмогорова, студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Статья посвящена восстановлению церкви Георгия Победоносца в селе Варламово Челябинской области. Описана инновационная методика с использованием современных средств автоматизированного расчета, применяемая при подготовке проекта реставрации церкви.

Abstract. The article considers the restoration of the church of George the Victorious in the Varlamovo village of the Chelyabinsk region. An innovative technique applied in the preparation of the project on the Church restoration with the help of modern means of automated calculation is described.

Ключевые слова: Восстановление, трехмерная модель, конечно-элементная модель.

Keywords: Restoration, three-dimensional model, finite element model

Церковь Георгия Победоносца – православный храм, который был расположен в центре села Варламово Чебаркульского района Челябинской области (в то время село называлось Верхнеуфимской слободой Троицкого уезда Оренбургской губернии).

По данным дореволюционного историка Н.М. Чернавского церковь была построена в 1755 году и

была деревянной. В начале 19 века церковь сгорела. Взамен сгоревшей деревянной была возведена каменная.

Храм был расположен на пересечении современных улицы Ленина и переулочка Почтового, главный вход ориентирован на запад (рис.1).



Рис. 1- Общий вид церкви Георгия Победоносца в селе Варламово (снимок 1930х годов).

Церковь имела трехчастное продольно-осевое композиционное построение. К объему

храмовой части примыкали пониженный прямоугольный в плане алтарь и такой же высоты об-

ширная трапезная, соединенная со стройной трехъярусной колокольней. Храм представлял собой четверик, несущий стройный цилиндрический барабан с высоким куполом, увенчанным луковичной главой на цилиндрическом барабане.

В центре западного фасада располагался главный вход. На северном и южном фасадах имелись входы в храмовую часть, над которыми выделялись полуциркульные арочные окна. Все входы осуществлялись с крылец, перекрытых портиками из двух колонн тосканского ордера с треугольным фронтоном.

Колокольня состояла из трех ярусов и одного полуяруса, квадратных в плане. Верхний ярус был меньше других в плане и завершался высоким тонким шпилем. Ярус звона выделялся очень высокими арочными проемами. Промежуточный полуярус был прорезан по центру фасадов полуциркульными арочными проемами.

В интерьере центральный объем храма перекрывался сферическим куполом, трапезная – сомкнутым сводом. В толще стены нижнего яруса колокольни располагалась лестница.

Свой первоначальный вид каменная церковь сохраняла до 30х годов двадцатого века. В 1935-

40-е годы с храма были сняты кресты и шпиль. В 1935-1936 гг. снят колокол. В 1936-1939 гг. храм использовался как клуб для молодежи, при этом церковь сохраняла свой первоначанный облик, несмотря на то, что были сняты кресты, шпиль и колокол. В 1939-1950 гг. там разместилось зернохранилище, затем церковь использовали под хранение и изготовление спиртных напитков. В это время была разрушена колокольня и часть трапезной.

В 1956 году церковь была полностью разрушена, фундамент засыпали, а кирпичи использовали под строительство свинарника.

В настоящее время после расчистки удалось выявить фундамент церкви Георгия Победоносца. Фундамент выполнен из камня на известково-песчаном растворе. Летом 2014 года группой исследователей архитектурно-строительного факультета Южно-Уральского государственного университета были выполнены архитектурные обмеры фундамента, проведено освидетельствование его технического состояния, выполнена фотофиксация. По результатам обмеров был выполнен план фундаментов (рис.2).

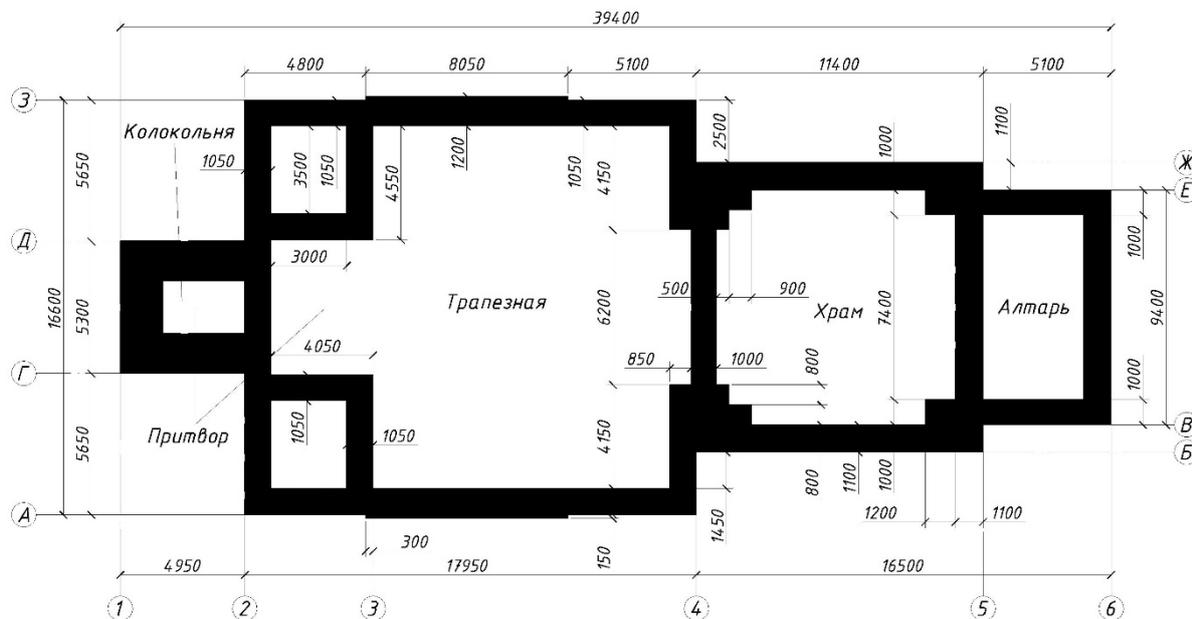


Рис.2. - План фундаментов церкви Георгия Победоносца.

Однако только по сохранившемуся фундаменту и одной исторической фотографии воссоздание церкви представляет собой довольно сложную задачу. Для воссоздания первоначального облика здания в соответствии с канонами православия и исторически сложившимися архитектурными формами было проведено исследование архитектурных аналогов церкви [3]. Наиболее близкими по объемно-планировочному решению из рассмотренных вариантов являются:

- Храм во имя Святой Троицы в г. Арамилы Свердловской области. Схожи продольно-осевым композиционным построением, куполом храма на мощном световом цилиндрическом барабане, формой шпиля колокольни.

- Церковь Успения Пресвятой Богородицы в селе Церковново Ивановской области. Схожи продольно-осевым композиционным построением, куполом храма на высоком световом цилиндрическом барабане, увенчанном луковичной главой на цилиндрическом барабане.
- Церковь Преображения Господня в селе Лосево Тверской области. Схожи продольно-осевым композиционным построением, четвериком храмовой части, завершающимся куполом на мощном световом цилиндрическом барабане, трехъярусной колокольней, ярус звона колокольни схож формой и размерами.

По результатам анализа архивных данных, сохранившейся фотографии, по результатам обмера сохранившегося фундамента и с учетом найденных аналогов была построена трехмерная модель церкви. При построении модели учитывались современные нормативные требования [1,2].

Трехмерная модель церкви импортировалась в программный комплекс «ANSYS» и исследовалась на воздействие ветра с целью получения более точных расчетов, чем те, что предлагаются в нормативной литературе. Благодаря автоматизированному расчету появляется возможность учесть уникальность архитектуры здания, влияние одной части здания на другие части. По сути здание подвергается продувке в виртуальной аэродинамической трубе.

Модель оптимизировали для ускорения аэродинамических расчетов путем построения более простых и обобщенных форм. Малые архитектурные элементы декора фасадов, такие, как пилястры, архитектурные изломы карниза и т.д., которые несут в основном эстетическую функцию и не влияют на расчет ветрового воздействия, были убраны из модели.

На основе оптимизированной модели была создана конечно-элементная модель здания церкви. На нее было смоделировано ветровое воздействие. Ветер моделировался поочередно с восьми сторон для того, чтобы можно было определить наилучшие варианты воздействия ветра на здание и отдельные его элементы [4]. Так, например, ветер с запада будет восприниматься в основном колокольной, а с востока – барабаном и куполом храма.

Результатами расчета являются линии тока ветра, поля и векторные поля скорости ветра. По ним определяются аэродинамические коэффици-

енты для расчета ветрового воздействия по нормативной литературе.

С учетом полученных ветровых воздействий были рассчитаны основные конструкции церкви. Трехмерная модель была улучшена и дополнена рассчитанными конструкциями, что позволило в полуавтоматическом режиме по этой модели получить необходимые ортогональные чертежи. Применение трехмерной модели позволило рассмотреть несколько вариантов архитектурного оформления церкви (рассматривались различные цветовые решения и конфигурации декора) и выбрать лучший.

В итоге по информационной модели здания был разработан проект воссоздания церкви. Немаловажным является тот факт, что полученную информационную модель можно будет в дальнейшем использовать в процессе эксплуатации памятника архитектуры.

Библиографический список

1. СП 31-103-99. Здания, сооружения и комплексы православных храмов. – М.: Госстрой России, АХЦ «Арххрам», ГУП ЦПП, 2000. – 35 с.
2. Кеслер М.Ю. Православные храмы. В 3 т. Том 2. Православные храмы и комплексы: Пособие по проектированию и строительству (к СП 31-103-99). МДС 31-9.2003/АХЦ «Арххрам». – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 222 с.
3. Православные храмы Челябинской области/ под ред. В.Д.Оленькова. – Челябинск: АвтоГраф, 2008. – 256с.
4. Пузырев П. И. Моделирование ветровой нагрузки на уникальные здания на примере церкви Покрова Пресвятой Богородицы. / П. И. Пузырев // Научно-исследовательская выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2014. – 56 с.

УДК 624.04

ТЕХНОЛОГИЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В РЕСТАВРАЦИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

LASER SCANNING TECHNOLOGY IN RENOVATION OF ARCHITECTURAL MONUMENTS

В.Д. Оленьков, к.т.н., профессор; А.А. Пронина, магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье описана технология трехмерного лазерного сканирования и преимущества ее применения при реставрации объектов культурного наследия и памятников истории и архитектуры. Приведены результаты применения этой технологии инженерами Южно-Уральского государственного университета.

Abstract. The paper describes the 3D laser scanning technology and the advantages of its use when renovating the objects of cultural heritage and historical and architectural monuments. The results of its application by engineers of South Ural State University are given.

Ключевые слова: памятники архитектуры, реставрация, эскизный проект, лазерное сканирование, трехмерная модель.

Keywords: architectural monuments, renovation, draft design, laser scanning, 3D model

Сохранение культурного наследия прошлых веков – вопрос духовности. Для современного общества этот вопрос стоит остро. За прошедшее столетие было разрушено и утрачено множество замечательных памятников русского зодчества, среди них особо выделяются церкви, каждая из которых уникальна в своем роде. Потому рестав-

рация тех ценных зданий, которые еще можно спасти, – задача приоритетная.

Реставрация здания, особенно такого крупного и сложного, как церковь, процесс ресурсоемкий и длительный. Первая и самая сложная задача при разработке проекта реставрации – провести обмерные работы. В большинстве случаев проектные

чертежи не сохраняются до наших дней, поэтому работы начинаются с нуля. Сложность представляют также высокие и труднодоступные элементы зданий или хрупкость конструкций и опасность обрушения. Работать в таких условиях не только сложно, но и опасно. На подобные полевые работы уходит много времени. Но современные технологии, аппаратура и программное обеспечение дают возможность значительно упростить этот процесс. Одной из таких технологий является трехмерное лазерное сканирование.

Объемное лазерное сканирование применяется давно в машиностроении, роботостроении и других активно развивающихся отраслях. В строительной отрасли эту технологию стали применять сравнительно недавно. А в области реставрации это все еще инновация.

Методику, включающую в себя технологию трехмерного лазерного сканирования, уже в течение нескольких лет применяют специалисты архитектурно-строительного факультета Южно-Уральского государственного университета при разработке научно-проектной документации для реставрации памятников архитектуры. Методика применялась при работе с несколькими церквями и промышленными объектами, в том числе на церкви Александра Невского в г. Челябинске, церкви Рождества Христова в г. Юрюзань и здании памятника истории и культуры начала XX века Челябинской ГРЭС.

Для выполнения лазерного сканирования применялся сканер Leica ScanStation. Прибор позволяет производить измерения с точностью 6 мм (местоположение) и 4 мм (расстояние). Работы проводятся в два этапа. Первый этап – полевой, на котором производится лазерное сканирование объекта с нескольких станций вокруг здания (снаружи и внутри).

лется с помощью специальных маркеров, служащих отметками для дальнейшего объединения снимков в один объем. На втором этапе производится «сшивка» полученных данных. Облака точек, отсканированные с разных станций, собираются в единую модель здания, после чего производится оптимизация объединенного облака точек (удаление ненужных объектов, уменьшение количества точек и т.д.) [1]. Вся работа проводится сканером с приложенным к нему программным обеспечением.

В результате проведенных манипуляций получается трехмерная модель здания, состоящая из множества точек. Эту модель для дальнейшей работы можно импортировать в различные программные комплексы в зависимости от поставленных задач.

Применение рассматриваемой технологии позволяет относительно быстро и легко получить качественные высокоточные обмеры здания, исключив риск для жизни и здоровья инженеров-исследователей. Еще один плюс методики – возможность получения объемной модели здания для проведения дальнейших статических и динамических расчетов.

Рассмотренную выше методику и все ее преимущества можно проиллюстрировать на примере разработки эскизного проекта для реставрации церкви Рождества Христова в г. Юрюзань Челябинской области. Исследователями Южно-Уральского государственного университета было проведено сканирование здания церкви весной 2011 года. Процедура сканирования заняла несколько часов. Здание церкви было снято с 14 станций. По результатам полевых работ была получена трехмерная модель здания, состоящая из более 50 млн точек (рис. 1).



Рис. 1. - Трехмерная модель здания церкви, полученная по результатам лазерного сканирования.

Далее эта модель была импортирована в программу для выполнения чертежей, и за несколько дней группой инженеров были подготовлены обмерные чертежи здания. Обработка данных со ска-

нера и выполнение чертежей требует высокой квалификации исполнителя, его хорошей инженерной подготовки, владения специальным программным обеспечением и познаний в архитектуре. На архи-

тектурно-строительном факультете Южно-Уральского государственного университета такая подготовка высококвалифицированных специалистов по соответствующему профилю осуществляется на кафедре строительной механики.

Таким образом, используя технологию лазерного сканирования, срок работы с объектом был

сокращен в несколько раз, а качество полученных результатов значительно повысилось.

На основании полученных обмерных чертежей, а также проведенных историко-архивных исследований и типологического анализа архитектурного образа здания был разработан эскизный проект храма [2] (рис. 2).

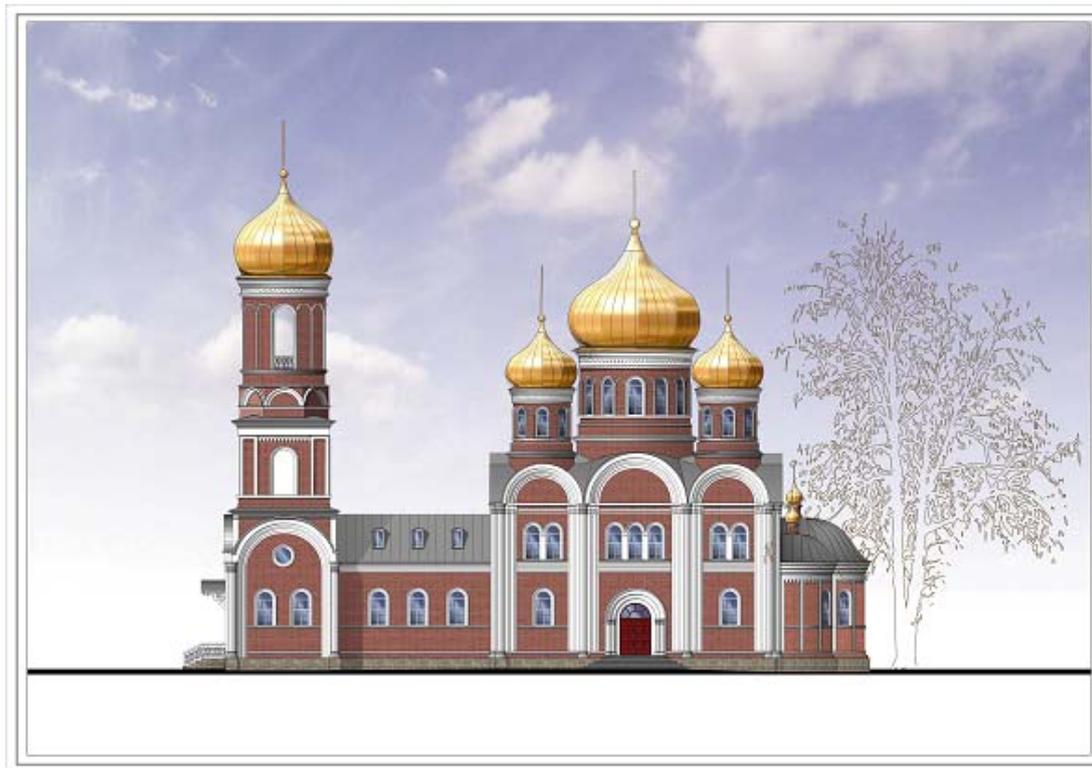


Рис. 2. - Эскизный проект реставрации церкви Рождества Христова.

Используя «точечную» трехмерную модель и разработанный эскизный проект, была построена упрощенная объемная модель здания церкви в его первоначальных формах для проведения компьютерного моделирования ветрового воздействия на восстановленную колокольню храма. По результатам проведенного моделирования в программном комплексе Ansys были получены числовые значения давления воздушного потока на конструкции колокольни, а также значения и векторы скоростей ветра в различных зонах вокруг здания.

В результате были получены качественные и количественные данные о воздействии ветра на восстановленное здание церкви, позволяющие всесторонне оценить влияние воздушных потоков на конструкции храма и комфортность прилегающей территории. Полученные данные можно использовать в дальнейших расчетах при подборе параметров конструкций.

Используя такую методику можно получать обмерные чертежи с высокой точностью, а также измерять величины отклонений и деформаций основных конструкций. Это большое преимущество при работе с крупными объектами, особенно со старыми культовыми памятниками, конструкции которых часто недоступны для обмеров, проводи-

мых вручную. Основные преимущества этой методики:

- высокое качество получаемых измерений (обмеры, получаемые обычными способами, имеют большие погрешности);
- быстрота (сканирование объекта занимает несколько часов, а обмеры «ручными» методами – несколько недель);
- безопасность (работа на большой высоте представляет потенциальную опасность для жизни и здоровья исследователей, а работа со сканером проводится только в уровне дневной поверхности).

Описанная методика с применением трехмерного лазерного сканирования позволяет повысить общее качество результатов проведенных исследований, а также сократить затраты времени и ресурсов. Это новый шаг в решении вопросов реставрации памятников.

Библиографический список

1. Оленьков, В.Д. Автоматизация диагностики технического состояния культовых памятников архитектуры / В.Д. Оленьков, Д.С. Попов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – Екатеринбург: УралНИИпроект РААСН, 2010, №4. – С. 103-105.
2. Православные храмы Челябинской области: история и архитектура / научн. ред. В. Д. Оленьков. – Челябинск: Авто Граф, 2008. – 256 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УНИКАЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ SIMULATION OF AERODYNAMIC IMPACT ON UNIQUE BUILDINGS

В. Д. Оленьков, к.т.н., профессор; П. И. Пузырев, магистрант.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье рассматривается численное моделирование ветрового воздействия на здание церкви Покрова Пресвятой Богородицы в селе Булзи Челябинской области. Представлен алгоритм расчета, получены поля давлений, скоростей и кинетической энергии турбулентности ветрового потока, а также линии обтекания.

Annotation. The article deals with the numerical simulation of wind impact on the building of the Church in the village of Bulzi. The algorithm of computation is presented. The pressure, velocity and kinetic energy of turbulence fields and streamlines are obtained.

Ключевые слова: численное моделирование, нагрузка, здания, строительство, инновация, диагностика технического состояния, лазерное сканирование, автоматизация обработки данных, конечно-элементное моделирование.

Keywords: numerical simulation, load, building, innovation, diagnostic troubleshooting, laser scanning, data processing automation, finite element modulation.

Обоснование безопасности проектируемых и уже эксплуатируемых зданий сложных архитектурных форм и оригинальных конструктивных решений, для которых является значимым фактор ветрового воздействия, сдерживается действующими нормативно-регламентированными методиками, которые не содержат рекомендаций по назначению аэродинамических коэффициентов для сложных по форме зданий, не учитывают влияние интерференции, рельефа, изменения спектра набегающего потока. [6]

Информация, полученная путем численного моделирования воздействий на здания и сооружения, помогает повысить качество и производительность работы инженера, а также позволяет анализировать сложные конструкции ручной расчет которых не представляется возможным. Одновременно с идеей использования средств компьютерного анализа возникает задача грамотного обоснованного выбора инструментов численного моделирования и их параметров. [4]

Приведенная в статье методика расчета на ветровые воздействия использовалась авторами настоящей статьи при исследовании обеспечения несущей способности элементов конструкций следующих объектов культурного наследия:

- Церковь Покрова Пресвятой Богородицы в с. Булзи Челябинской области постройки 1912 года;
- Церковь Рождества Христова в г. Юрюзань Челябинской области постройки 1896 года.

Рассмотрим применение методики на примере расчета на ветровые воздействия Церкви Покрова Пресвятой Богородицы в с. Булзи.

Это кирпичный одноглавый храм с прямоугольной апсидой, что не характерно для православных храмов, перекрытой конхой. Условно здание можно разделить на 4 части, расположенных на продольной оси: трёхчастный алтарь; храм, увенчанный восьмигранным барабаном; прямо-

угольного объёма трапезная с приделами и трёхъярусная колокольня со служебными помещениями, пристроенными с северной и южной сторон. [5]

При анализе здания для выполнения расчета на ветровую нагрузку было установлено, что:

1 В здании присутствует интерполяция сложных форм, собрать нагрузки на которую по СП «Нагрузки и воздействия» не представляется возможным. [8, 9, 10]

2 Нельзя однозначно охарактеризовать ни одно из направлений ветра как самое опасное.

Учитывая это, было принято решение о целесообразности использования методов численного моделирования для анализа ветровых нагрузок на здание и поставлены следующие задачи:

- Выработать алгоритм компьютерного расчета статической части ветровой нагрузки.
- Проверить достоверность полученных результатов.

Алгоритм расчета здания на ветровые воздействия:

1. Подготовка расчетной модели. Сюда входят:

а) Создание геометрической модели, описывающей расчетную область. Здесь выработаны рекомендуемые размеры расчетной области – минимум 6–8 высот "господствующего" задания во всех направлениях, но перед зданием (от здания до точки входа потока) можно оставлять меньше места чем за ним (от здания до точки выхода потока).

б) Генерация сеточной модели воздушного объема на основе созданной геометрии. Для получения сходящегося решения, а также для корректного моделирования пристеночных течений без применения суперкомпьютера сетка была локально измельчена вблизи стен здания.

Этот пункт был выполнен в пакете программного комплекса ANSYS ICEM CFD поскольку он

позволяет получить требуемое качество сеточной модели простыми инструментами в приемлемые сроки.

в) Задание граничных и начальных условий расчета, выбор физической модели расчета (например, модели турбулентности и т.д.) – *preprocessing*. Здесь необходимо обратить внимание, что в качестве входного параметра использовалась скорость входного потока, которая определялась с помощью формулы Бернулли и поправочных коэффициентов относительно давления на вертикальную стену по своду правил «Нагрузки и воздействия» [9] и оказалась равна 31,5 м/с. В качестве выходных давлений применяются открытые, мягкие границы (*opening*) с нулевым относительным давлением. На стенки здания было наложено условие несдвигового течения потока [7].

Согласно методике, приведенной в [6], здание испытывается на 12 и более направлений ветра в предварительном расчете, а далее наиболее опасные направления рассчитывается с большей точностью в стационарной постановке, которая позволяет получить усредненные во времени параметры, либо проводится нестационарный расчет, позволяющий более точно смоделировать весь процесс зарождения и развития течений. В целях оптимизации модели было принято 8 направлений ветрового потока, шесть из которых будут симметричны поскольку здание имеет плоскость симметрии. Все это позволит уменьшить требуемые вычислительные мощности, не уменьшая точности расчетов.

2. Запуск задачи на расчет.

3. Просмотр и оценка результатов расчета – *postprocessing*. Удобство предложенной методики заключается в том, что в этом пункте можно получить полную информацию о интересующих параметрах, таких как ветровое давление на стены здания, скорости ветрового потока в любых точках, аэродинамические коэффициенты.

4. Коррекция расчетной модели (изменение геометрии, сеточной, физической модели) при неудовлетворительной сходимости решения. Для улучшения сходимости рекомендуется упростить геометрию, использовать более качественную сеточную модель, варьировать параметры вычисления. После этого расчет проводится заново и оцениваются изменения.

Как было указано в пункте 1в представленного алгоритма именно нестационарные расчеты имеют высокую точность и обоснованы в случае строительных объектов, так как сложный характер обтекания зданий ветровым потоком характеризуется неудовлетворительной с аэродинамической точки зрения формой конструкции (большой относительной толщиной поперечных сечений, существованием острых кромок и т. п.), что приводит к отрыву пограничного слоя, образованию интенсивных нестационарных струйно-вихревых течений и периодических вихревых следов.

Аэродинамические нагрузки на поверхности зданий оказываются зависящими не только от величины и направления ветра, но и от времени. Наличие в ветровом потоке сдвига и пульсаций ско-

рости еще более усложняет ситуацию, приводя к дополнительным нестационарным воздействиям особенно на таком сложном по форме здании как церковь.

В ходе решения поставленной задачи можно выделить следующий порядок действий: создание упрощенной объемной модели, оптимизированной для аэродинамических расчетов. Она создана на основе обработанного облака точек, полученного методами лазерного 3D сканирования. Проводить сканирование не ставилось целью настоящей работы, поэтому для создания модели были использованы материалы дипломного проекта 2013 года [4]. Далее выполнялся импорт в ANSYS. После этого проводилось создание конечноэлементной сеточной модели. Следующим шагом задавались граничные условия и модели турбулентности. Затем производился расчет и анализировались его результаты.

При анализе результатов можно узнать следующие параметры обтекания здания: давление на поверхность, аэродинамические коэффициенты, которые можно применить для расчета по нормам, зоны застоя воздуха, продуваемые участки, кинетическую энергию турбулентности, линии тока ветра, нагрузку на фундаменты, поля скоростей ветра.

Для проведения численного моделирования были выбраны программные пакеты:

- Система автоматизированного проектирования SolidWorks – создание и редактирование геометрической модели.
- Пакет численного моделирования задач газовой динамики ANSYS Workbench-CFX использовался для создания сеточной модели, препроцессинга, решения и обработки результатов.

Подобные исследования проводились под руководством профессора В. Д. Оленькова на кафедре строительной механики Южно-Уральского государственного университета, о чем свидетельствуют публикации сотрудников и студентов университета [3, 4]. В настоящей работе помимо ранее рассмотренных тем были затронуты вопросы получения цельного алгоритма, верификации результатов, получаемых на основании представленного алгоритма, а также входных данных ветрового воздействия в соответствии с нормативными документами [8], [9] и [10].

Заключение

1. Как показал анализ современных отечественных и зарубежных документов, существующие нормативные документы и методики не в полной мере отражают специфику ветровых воздействий на уникальные здания.

2. Разработана методика расчета нормативных параметров ветровых воздействий и определения аэродинамического коэффициента в случае уникальных зданий на базе численного решения стационарных и нестационарных трехмерных уравнений гидрогазодинамики (Навье-Стокса в приближении Рейнольдса, модели турбулентности RANS и DES), позволяющая адекватно учитывать

важные факторы – направления ветровых потоков, интерференцию частей здания.

3. Для "уточненного" определения пульсационной составляющей ветровой нагрузки рекомендуется выполнять нестационарный расчет с использованием моделей турбулентности DES или URANS. Для дополнительной верификации предлагается проводить натурные замеры реальных ветровых воздействий.

4. Применительно к объектам исследования конкретизирована и обеспечена выполненными

разработками современная концепция определения ветровых воздействий: а) "предварительное" численное моделирование с определением наиболее опасных/характерных направлений ветра, оценка необходимости испытаний в аэродинамической трубе б) испытания в аэродинамической трубе (при возможности); в) уточненное многопараметрическое и многофакторное численное моделирование с сопоставлением характерных параметров с результатами испытаний.

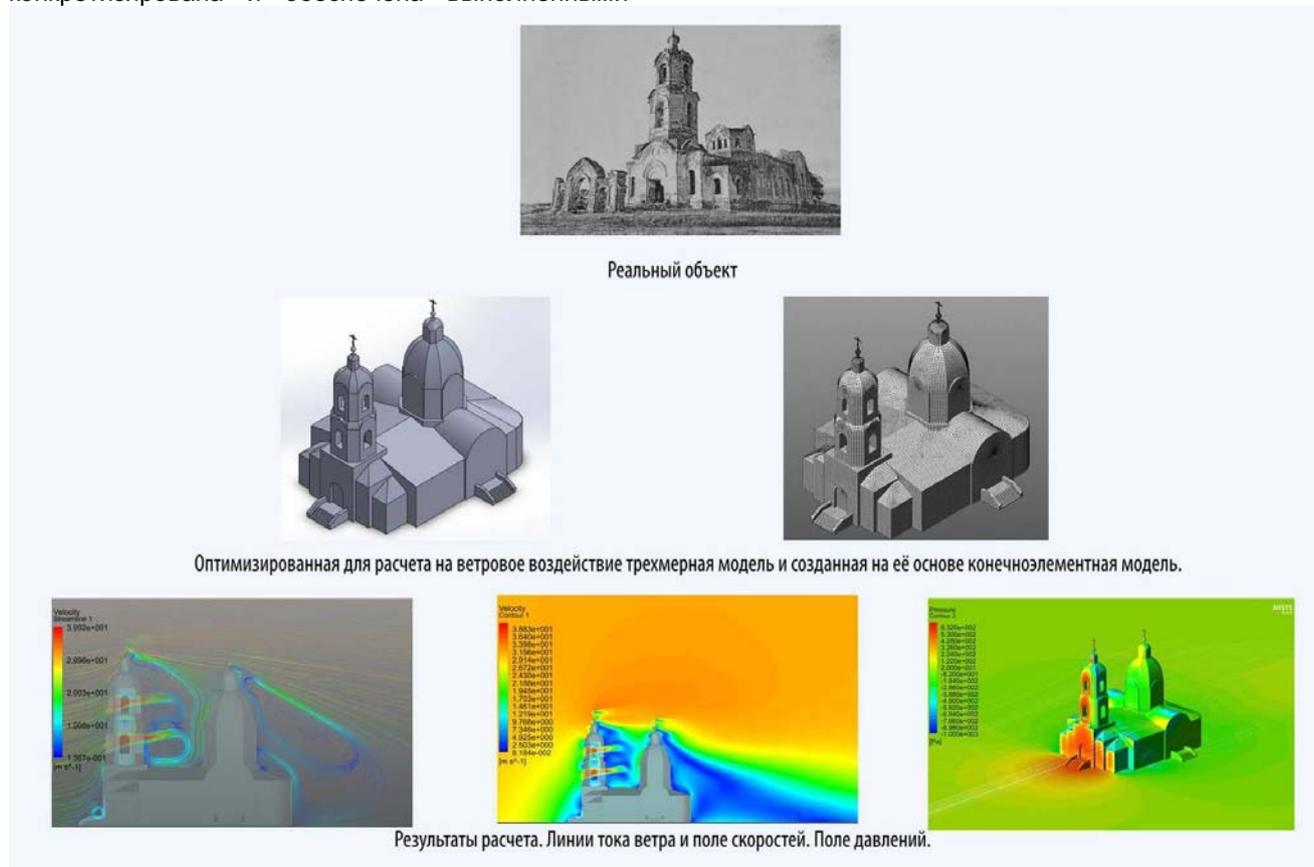


Рис 1. – Алгоритм расчета уникального здания на примере церкви Покрова Пресвятой Богородицы в селе Булзи.

Библиографический список

- Исмагилов, Д. Р. Эффективность методов исследования аэродинамических коэффициентов и их производных. / Д. Р. Исмагилов // Выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2009. – 118 с.
- Кривошеева, М. В. Обтекание пластины, вращающейся с постоянной угловой скоростью. / М. В. Кривошеева // Научно-исследовательская работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2011. – 75 с.
- Оленьков, В. Д. Применение технологии информационного моделирования для диагностики технического состояния зданий / В. Д. Оленьков, Л. А. Раменская, А. А. Пронина // Вестник Пермского государственного технического университета. Серия «Строительство и архитектура». – Пермь: ПГТУ, 2013. – 8 с.
- Оленьков, В. Д. Реставрация церкви Покрова Пресвятой Богородицы в селе Булзи Челябинской области / В. Д. Оленьков, А. С. Мостинцев, М. В. Гречишкин // Вопросы планировки и застройки городов: Материалы XX международной научно-практической конференции. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 7 с.
- Пилаевский, В.И. История русской архитектуры: Учебник для вузов / В.И. Пилаевский, Т. А. Славина, А.А.Тиц. – 2-е изд. – СПб Стройиздат, 1994. – 600 с.
- Дубинский, С. И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы: дис. канд. тех. наук / С.И. Дубинский. – М., 2010. – 198 с.
- Пузырев, П. И. Моделирование ветровой нагрузки на уникальные здания на примере церкви Покрова Пресвятой Богородицы. / П. И. Пузырев // Научно-исследовательская выпускная квалификационная работа. – Челябинск: ЮУрГУ, 2014. – 56 с.
- СНиП II-06-04-82. Нагрузки и воздействия. М., 1989.
- СП 20-13330-2011. Нагрузки и воздействия. М., 2010.
- СНиП II-01-07-85*. Нагрузки и воздействия. М., 2001.
- Оленьков, В. Д. Численное моделирование ветрового воздействия на уникальные здания/ В. Д. Оленьков, П. И. Пузырев// Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014.–№4. – 10 с.

ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ДИССИПАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ КОНСТРУКТИВНО НЕЛИНЕЙНОЙ РАБОТЕ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

A TEMPORAL ANALYSIS OF A DISCRETE DISSIPATIVE SYSTEM AT STRUCTURALLY NONLINEAR OPERATION OF ITS ELEMENTS

Потапов А.Н., д.т.н., профессор; Зямбаев Н.А., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассматривается временной анализ конструктивно нелинейных систем при действии динамических нагрузок. Приведен пример динамического расчета металлической подкрановой фермы при ее полном разрушении от аварийной нагрузки вследствие обрыва стропа груза мостового крана.

Abstract. Temporal analysis of structurally nonlinear systems under the action of dynamic loads is considered. The example of dynamic calculation of the metal crane farm at its when it was complete destruction from the action of the emergency load from the bridge crane due to the breakage of cargo sling is given.

Ключевые слова: мостовой кран, подкрановая ферма, колебания, динамическая реакция, конструктивная нелинейность, аварийное воздействие, метод, временной анализ, математическая модель, матрицы масс, демпфирования и жесткости.

Keywords: bridge crane, crane farm, vibration, dynamic response, structural nonlinearity, emergency impact, method, temporal analysis, mathematical model, matrices of mass, damping and stiffness.

Работа строительных конструкций при запроектных воздействиях [1 – 3] (в виде ударов и импульсов) представляет повышенный интерес специалистов, так как, во-первых, это связано с проблемой надежности и безопасности сооружений, а во-вторых, в ныне действующих проектных нормах мало внимания уделяется работе конструкций при аварийных нагрузках.

Крановые нагрузки относятся к категории силовых воздействий и оказывают значительное влияние на конструкции производственных зданий. В соответствии с Европейскими нормами EUROCODE 1 [4] эти нагрузки делятся на постоянные, переменные и аварийные. В зависимости от грузоподъемности крана сосредоточенная сила от колеса на подкрановую конструкцию (балку или ферму) может достигать 1000 кН и более.

Аварийные ситуации, возникающие при работе крана, могут возникать вследствие удара крана о тупиковые упоры либо при его наезде с грузозахватным устройством на препятствие. Кроме того, возможны запроектные воздействия, связанные с разгибом крюка или разрывом стропа, приводящие к падению груза при движении крана. В последнем случае вертикальная нагрузка на колесо крана имеет вид импульсных сил, амплитуда которых из-за динамического характера воздействия может превышать статический эффект в 2 – 3 раза.

В статье приведены математические модели расчета конструкции с разрушающимися связями при аварийном воздействии. Для определения динамической реакции поврежденной конструкции используется метод временного анализа, основанный на исследовании характеристического матричного квадратного уравнения и приводящий в рамках принятых моделей к замкнутому решению во временной области [5]. При этом система рассматривается как конструктивно нелинейная, так как при внезапном выключении несущих элементов из

работы происходит изменение параметров расчетной динамической модели (РДМ) сооружения. В отличие от статической задачи изменяются не только жесткостные, но и инерционные и демпфирующие характеристики.

Уравнение движения дискретной диссипативной системы (ДДС) с учетом действия статической нагрузки (1, а) и начальные условия (1, б) записываются так:

$$M\ddot{Y}(t) + CY(t) + KY(t) = P(t) + Q, \quad (a)$$

$$Y(t_0) = Y_0, \quad \dot{Y}(t_0) = \dot{Y}_0, \quad (б) \quad (1)$$

где $M = \text{diag}(m_1, \dots, m_n)$, $C = CT$, $K = KT \in Mn(R)$ – матрицы масс, демпфирования и жесткости; $Y(t)$, $P(t)$, Q – векторы перемещений и внешней нагрузки (динамической и статической).

Характеристическое матричное квадратное уравнение для однородного ОДУ, соответствующего (1, а), представляется в виде:

$$Mi Si^2 + Ci Si + Ki = 0 \quad (2)$$

Из этого уравнения находятся два матричных корня $S_{1,2} \in Mn(C)$, с помощью которых можно определить все параметры собственных колебаний ДДС (частоты, коэффициенты демпфирования и формы колебаний) и сформировать фундаментальные решения, входящие в общий интеграл однородного ОДУ: $\Phi_1(t) = e^{S_1 t}$, $\Phi_2(t) = \overline{\Phi_1(t)}$. При решении упругой задачи матричные корни обладают свойством комплексной сопряженности.

Система разрешающих уравнений задачи с начальными условиями (1) на интервале $t \in [t_0; t_a]$ имеет вид

$$Y(t) = 2 \operatorname{Re}\{Z(t)\}, \dot{Y}(t) = 2 \operatorname{Re}\{S_i Z(t)\}, \ddot{Y}(t) = 2 \operatorname{Re}\{S_i^2 Z(t)\} + M_i^{-1}[Q + P(t)], \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} Z(t) &= Z_0(t-t_0) + Z^Q(t-t_0) + Z_p(t-t_0), \\ Z_0(t-t_0) &= \Phi(t-t_0)U^{-1}M_i[-\bar{S}Y_0 + \dot{Y}_0], \\ Z^Q(t-t_0) &= [\Phi(t-t_0) - E](US)^{-1}Q, \\ Z_p(t-t_0) &= \{S[\Phi(t-t_0)\sin(\theta t_0) - E\sin(\theta t)] + \\ &+ [\Phi(t-t_0)\cos(\theta t_0) - E\cos(\theta t)]\theta\}[U(S0_2 + E\theta_2)]^{-1}P_0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Здесь $U = MS + STM + C$. Вектор $Z_p(t-t_0)$ записан для случая действия синусоидального импульса $P(t) = P_0 \sin(\theta t)$, где P_0 – вектор амплитуд импульсной нагрузки; $\theta = \pi / t_a$ – длина импульса; E – единичная матрица. После окончания действия импульса (при $t > t_a$) система совершает свобод-

ные колебания, поэтому в (4) необходимо положить $Z_p(t-t_0) = 0$.

На основе кинематических характеристик (4) вычисляются силовые параметры реакции – векторы восстанавливающих $R(t)$, диссипативных $F(t)$ и инерционных $I(t)$ сил:

$$R(t) = KY(t), F(t) = C(t)\dot{Y}(t), I(t) = -M(t)\ddot{Y}(t) \quad (5)$$

Далее для каждого элемента конструкции в заданном временном интервале можно определить значения абсолютных и относительных деформаций, продольных сил и нормальных напряжений.

В момент времени t_i , когда происходит внезапное выключение несущего элемента, необходимо выполнить корректировку внешних динамических параметров РДМ конструкции. Для этого уравнение (2) решается при новых значениях матриц M_i, C_i, K_i и в результате полученного значения матричного корня S_i в системе (3) формируются матрицы U_i и S_i , а также фундаментальная матрица. Вычисление полной реакции (3) проводится с учетом замены t_0 на t_i в компонентах реакции (4) – $Z(t)$. Вектор Q определяется выражением $Q = KY_{st} = KiY_{st,i}$, где Y_{st} и $Y_{st,i}$ – векторы статических перемещений системы, соответственно, в неповрежденном и поврежденном состояниях. Векторы начальных условий (1) формируются в конце предыдущего интервала времени из уравнений (3), (4) при $t = t_i$: $Y_0 = Y(t_i), \dot{Y}_0 = \dot{Y}(t_i)$.

В качестве примера рассмотрена задача колебаний подкрановой двухпролетной фермы, вызванных действием импульсной нагрузки (рис. 1, а). В расчетной модели (см. рис. 1, а) массы принимаются сосредоточенными в узлах и собираются с половины длины сходящихся в узел стержней. Вертикальная нагрузка моделируется обрывом стропа на тележке с грузом при движении мостового крана (рис. 1, б, в).

Каждый узел конструкции имеет две степени свободы – по горизонтали и вертикали. Общее число степеней свободы фермы, с учетом наложенных на нее связей, равно $n = 32$. Степень статической неопределимости – 1. Материал конструкции – сталь 09Г2 с начальным модулем упруго-

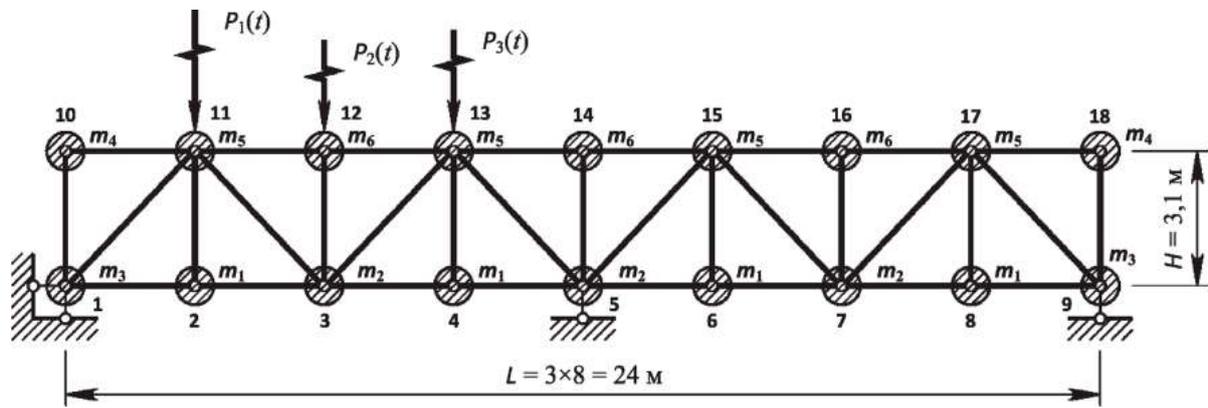
сти $E = 210060$ МПа. Верхний пояс выполнен из двутавра 50Ш4, нижний пояс выполнен в виде парных уголков – $2 \angle 200 \times 125 \times 12$, стойки – $2 \angle 125 \times 12$, раскосы – $2 \angle 160 \times 16$. Массы m_j модели складываются из масс стержней, сходящихся в узлах.

Матрица демпфирования C строится по модели непропорционального демпфирования [5].

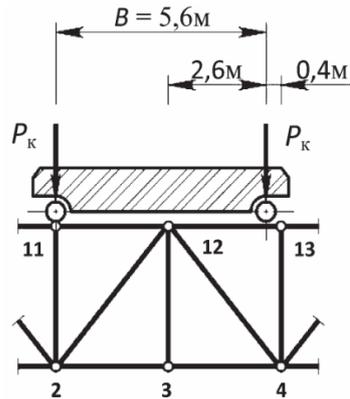
Для мостового крана грузоподъемностью 32 т со средним режимом работы амплитуда нагрузки в рабочем режиме составила $P_k = 320$ кН [6]. В момент аварии самым невыгодным оказалось положение крана, представленное на рис. 1, б. Сила P_k на левом колесе тележки прикладывается к узлу 11 в полную величину, а на правом колесе пропорционально раскладывается на составляющие $P_{k,1} = (0,4/3)P_k$ и $P_{k,2} = (2,6/3)P_k$ и прикладывается к двум смежным узлам 12 и 13, соответственно (рис. 1, в). При формировании матрицы масс для узлов 11–13 были учтены присоединенные (дополнительные) массы $m_{k,j}$, связанные с положением крана в момент аварийного воздействия (см. рис. 1, в).

При коэффициенте динамичности $k_{дин} = 3$ максимальная амплитуда нагрузки составила $P_{k,дин} = 960$ кН. Длина импульса была принята равной $t_a = 0,05$ с.

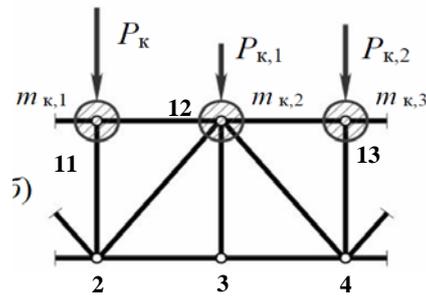
При $t_1 = 0,045$ с и $t_2 = 0,1196$ с происходит выключение из работы раскосов 5-13 и 1-11, соответственно, вследствие потери устойчивости от критических сжимающих напряжений $\sigma_{кр} = 297,7$ МПа. На рис. 2 показаны осциллограммы напряжений в стержнях левого (нагруженного) пролета фермы. Пунктиром показаны кривые, относящиеся к выключаемым из работы раскосам 5-13 и 1-11.



а)



б)



в)

Рис. 1. - Расчетная динамическая модель подкрановой фермы:

а – полная РДМ фермы; б – положение крана в момент аварийного воздействия; в – узловая нагрузка от крана

При потере устойчивости раскоса 1-11 (при t_2) левая половина РДМ фермы становится геометрически изменяемой системой и, следовательно, для заданной модели с шарнирными узлами резервы прочности оказываются исчерпанными, что неизбежно приведет к прогрессирующему обрушению. Однако, по причине того, что верхний пояс фермы выполнен в виде неразрезной двутавровой балки,

можно считать, что данная система еще обладает некоторой несущей способностью. Расчетная модель поврежденной конструкции в этом случае представляется в виде комбинированной системы, которая состоит из балки жесткости и неполной шарнирной цепи (так как часть элементов решетки и нижнего пояса выключена из работы).

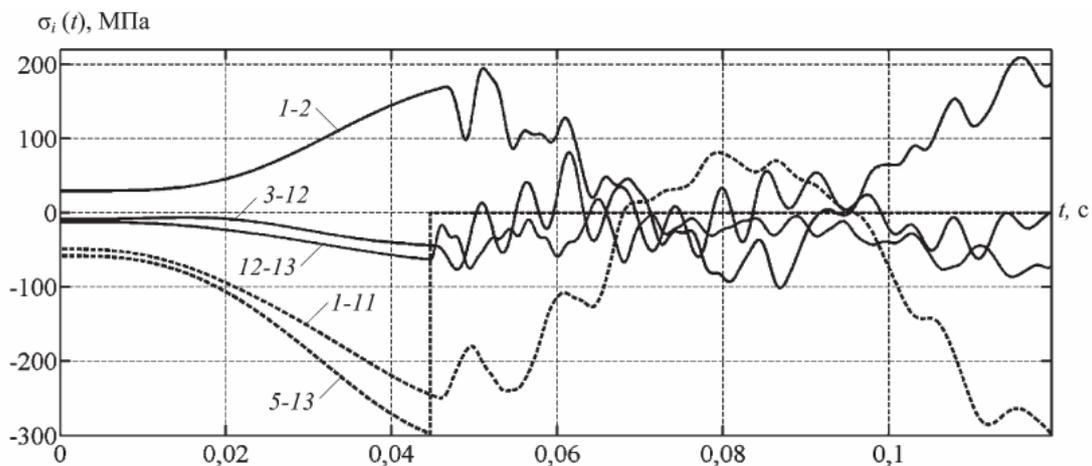


Рис. 2. - Осциллограммы сжимающих и растягивающих напряжений в наиболее нагруженных элементах левой части фермы

Для случая балочного механизма разрушения с пластическим шарниром в узле 11 предельная нагрузка составила $P_u = 460$ кН, что значительно ниже (более чем в 2 раза) амплитудного значения нагрузки при аварийном воздействии P_k , $d_{in} = 960$ кН. Следовательно, данное запроектное воздействие приведет к полному обрушению левой части подкрановой конструкции.

Для оценки точности решения динамической задачи (1) была выполнена подстановка найденных вектор-функций кинематических параметров (3) в левую часть уравнения движения (1, а). Сравнение левой и правой частей этого уравнения показывает, что погрешность вычислений не превышает величины $\Delta P_k(t) \leq |3,6 \cdot 10^{-10}|$ кН. Данный результат позволяет сделать предположение о том, что полученное решение является точным.

Все вычисления и подготовка графических материалов выполнялись с использованием системы инженерных и научных расчетов MATLAB.

Выводы. В аналитической форме построены уравнения динамической реакции ДДС с выключающимися (разрушающимися) связями. Представленные уравнения в рамках принятых моделей имеют замкнутую форму. Это подтверждает пример расчета подкрановой фермы на аварийное воздействие с выключающимися раскосами. Полученные результаты позволяют давать оценку несущей способности конструкции при отказе одного или нескольких последовательно выключающихся

несущих элементов в процессе временного анализа. Открывается возможность для прогнозирования состояния конструкции в плане ее живучести, а также надежной и безопасной работы.

Библиографический список

1. Андросова Н.Б. Некоторые предложения к нормированию параметров живучести сооружений / Н.Б. Андросова, Н.В. Клюева, В.И. Колчунов // Вестник отделения строительных наук. – М.; Орел; Курск: РААСН, 2011. Вып. № 15. – С. 17–25.
2. Еремеев П. Г. Предотвращение лавинообразного (прогрессирующего) обрушения несущих конструкций уникальных большепролетных сооружений при аварийных воздействиях / П.Г. Еремеев // Строительная механика и расчет сооружений. – М., 2006. № 2. – С. 65–72.
3. Чернов Ю. Т. К расчету систем с выключающимися связями / Ю.Т. Чернов // Строительная механика и расчет сооружений. – М., 2010. № 4. – С. 53–57.
4. EUROCODE 1 – Actions of Structures. Part 3: Actions induced by cranes and machinery, 2006. – 46 с.
5. Потапов АН. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарных воздействиях: монография / А.Н. Потапов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 167 с.
6. ГОСТ 25711-83. Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 5 до 50 т. Типы, основные параметры и размеры. Введен 12.04.1983. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам. – 19 с.

УДК 624.042.8:534.1

ОБОБЩЁННАЯ ОРТОГОНАЛЬНОСТЬ СОБСТВЕННЫХ ФОРМ КОЛЕБАНИЙ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ THE GENERALIZED ORTHOGONALITY OF EIGENMODES OF ELASTOPLASTIC DISCRETE SYSTEMS TAKING INTO ACCOUNT THE RESISTANCE FORCES

Потапов А.Н., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Показано, что в отличие от упругих колебаний собственные формы упругопластической системы подразделяются на два вида: колебательные и апериодические (монотонные). Приведены соотношения обобщённой ортогональности собственных форм упругопластической диссипативной системы. Результаты иллюстрируются на примере упругопластических колебаний трёхэтажного каркаса.

Abstract. It is shown that in contrast to the elastic oscillations the eigenmodes of the elastoplastic system are divided into two types: oscillatory and aperiodic (monotone). The ratios of the generalized orthogonality of the eigenmodes of the elastoplastic dissipative system are shown. The results are illustrated by the example of oscillations of the elastoplastic three-story frame.

Ключевые слова: упругопластическая система, диссипативная система, собственная форма, колебание, ортогональность, вектор, матрица, уравнение.

Keywords: elastoplastic system, dissipative system, eigenmode, oscillation, orthogonality, vector, matrix, equation.

Собственные колебания сооружений проявляются в, так называемых, формах собственных колебаний. В отличие от вынужденных колебаний, где деформированное состояние системы вызывается внешними динамическими нагрузками, формы собственных колебаний определяются деформированным состоянием системы от действия инерционных сил. При учёте сил внутреннего трения к действию инерционных сил ещё добавляются дис-

сипативные силы. Поэтому конфигурация данных форм зависит от обоих видов воздействий, сходных по своему действию внешней нагрузке.

Обозначим через P_i ($i = 1, \dots, n$) формы собственных колебаний дискретной системы. Эти формы обладают замечательными свойствами, известными как условия ортогональности. Для консервативной системы эти условия записываются в виде скалярных соотношений [1, 2]

$$P_j^T M P_i = 0, \quad P_j^T K P_i = 0 \quad (i, j = 1, \dots, n; i \neq j), \quad (1)$$

где $M = \text{diag}(m_1, \dots, m_n)$, $K = K^T$ – матрицы масс и жесткости системы.

Соотношения (1) показывают, что формы колебаний ортогональны как по отношению к матрице масс, так по отношению к матрице жесткости.

При колебаниях дискретных диссипативных систем (ДДС) матрицу демпфирования C обычно выбирают так, чтобы можно было привести уравнения движения к нормальным координатам. Условия ортогональности в этом случае имеют такой же вид, как и для консервативной системы, с той разницей, что к равенствам (1) добавляется ещё одно условие [1]

$$P_j^T C P_i = 0 \quad (i \neq j), \quad (2)$$

в котором формы колебаний ортогональны по отношению к матрице C . Наличие условий (1), (2) является следствием разделения всех трёх сил в уравнении движения: инерции, демпфирования и упругости.

Однако в условиях реального демпфирования уравнение движения не приводится к нормальным координатам, поэтому соотношения ортогональности имеют более сложный вид [3, 4].

В [5] выведены соотношения обобщенной ортогональности собственных форм упругих колебаний ДДС с произвольной симметрической матрицей демпфирования C . В основу разработанной теории положен математический аппарат, связан-

$$\Lambda P^T M P + P^T M P \Lambda + P^T C P = E, \quad \Lambda P^T M P \Lambda - P^T K P = \Lambda. \quad (6)$$

Первое матричное уравнение – соотношение обобщенной ортогональности матрицы P , а второе – нормальная форма уравнения движения (3).

Переходя в (6) к системе скалярных уравнений, получим при $(i, j = 1, \dots, n; i \neq j)$ $2n(n-1)$ условий ортогональности собственных форм P_i, P_j :

$$P_j^T [-M(\varepsilon_j + \varepsilon_i) + C \pm iM(\omega_j + \omega_i)] P_i = 0, \quad (7)$$

$$P_j^T [M(\omega_j \omega_i - \varepsilon_j \varepsilon_i) + K \pm iM(\varepsilon_i \omega_j + \varepsilon_j \omega_i)] P_i = 0;$$

при $(i, j = 1, \dots, n; i = j)$ $2n$ условий их нормирования:

$$P_j^T [-2M\varepsilon_j + C \pm 2iM\omega_j] P_j = 1, \quad (8)$$

$$P_j^T [M(\omega_j^2 - \varepsilon_j^2) + K \pm 2iM\varepsilon_j \omega_j] P_j = \varepsilon_j - i\omega_j.$$

В частном случае консервативной системы ($C = 0, \varepsilon_j = \varepsilon_i = 0$) формулы (7), ввиду $(\omega_j + \omega_i) \neq 0$, приводят к соотношениям (1).

Ниже показаны условия, при которых соотношения ортогональности (7) становятся применимыми к упругопластической системе.

2. Теоремы состояний в упругопластических системах. В [5] предложены математические модели, позволяющие в рамках теории пластического течения использовать вычислительную схему промежуточных состояний. Согласно схеме весь процесс реакции разбит на ряд интервалов (t_i, t_{i+1}) , внутри которых динамические параметры (напр., элементы матрицы $K(t_i)$) расчётной модели неизменны, а на границах (в моменты открытия / закрытия пластических шарниров) получают скачкообразное изменение. Это позволяет на данных интервалах применить теорию упругих систем.

Для расчётной модели на интервале $t \in [t_i, t_{i+1}]$ в зависимости от невырожденного ($\det K(t) > 0$) или

ный с анализом характеристического матричного квадратного уравнения. Данное уравнение (3), представляющее собой уравнение движения форм собственных колебаний, и его аналог (4), полученный путём разложения в базисе из собственных векторов, имеют вид

$$MS^2 + CS + K = 0, \quad (3)$$

$$M P \Lambda^2 + C P \Lambda + K P = 0, \quad (4)$$

где $S = P \Lambda P^{-1}$ – матрица внутренних динамических характеристик системы; $P = [P_1, \dots, P_n]$ – матрица собственных векторов (форм колебаний); $\Lambda = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_n)$ – диагональная матрица спектральных характеристик.

Каждому вектору P_i , определяющему i -ю собственную форму демпфированных колебаний, соответствует характеристическое число λ_i . При упругих колебаниях оно является комплексным: $\lambda_i = -\varepsilon_i + i\omega_i$, где ε_i – коэффициент демпфирования, ω_i – частота собственных колебаний.

Решение уравнения (3) записывается в виде корневой пары

$$S_{1,2} = M^{-1}(-C + V \pm U)/2, \quad (5)$$

где матрицы V и U обладают свойствами $V = -V^T, U = U^T = (P P^T)^{-1}$.

1. Обобщенная ортогональность собственных форм упругой ДДС. Уравнение (3) сводится к системе эквивалентных уравнений: $S^T M + MS + C = U, S^T MS - K = US$, которые преобразуются к виду:

вырожденного ($\det K(t_i) = 0$) состояний сформулированы теоремы состояний. Согласно теоремам состояние упругопластической системы зависит от свойств её внутренних динамических характеристик, заключённых в матричных корнях (5) S_k ($k = 1, 2$)

Теорема 1 (об условии невырожденного состояния квазиупругой системы). *Матрица жесткости $K(t)$ квазиупругой системы невырождена тогда и только тогда, когда невырождены обе матрицы S_1, S_2 в корневой паре (5):*

$$\det K(t_i) > 0 \Leftrightarrow \det S_k \neq 0 \quad (k = 1, 2). \quad (9)$$

Факт невырожденности обеих матриц S_k выражают графики частотных спектров упругопластической системы на всём интервале её реагирования (рис. 1 а), а также при $t \notin [t_i, t_m]$ (рис. 1 б, в). Согласно (9) количество пластических шарниров в системе ещё не достигло такого числа, при котором образуется пластический механизм. Поэтому поведение

системы характеризуется чисто количественными изменениями динамических параметров.

Теорема 2 (об условии вырожденного состояния квазиупругой системы). При полной диссипации матрица жесткости $K(t_i)$ квазиупругой системы

вырождена тогда и только тогда, когда одна из матриц S_1, S_2 в корневой паре (5) вырождена, а другая – нет:

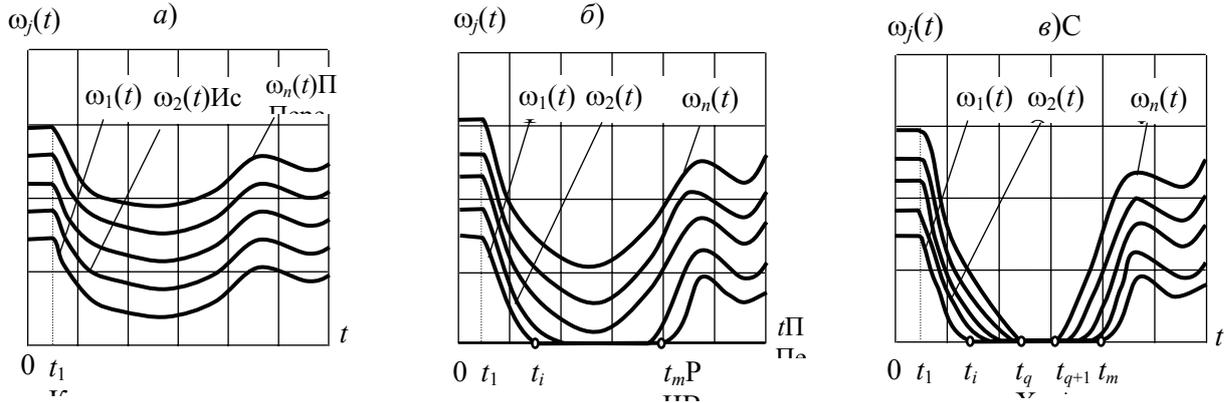


Рис. 1. - Частотные спектры упругопластической системы при:

- а – невырожденном состоянии на всем интервале реагирования системы;
- б – вырожденном состоянии (пластический механизм на интервале $t \in [t_i, t_m]$);
- в – ПВС на интервале $t \in [t_q, t_{q+1}] \subset [t_i, t_m]$

$$\det K(t_i) = 0 \Leftrightarrow \det S_k = 0, \det S_l \neq 0 \quad (k, l = 1, 2; k \neq l). \quad (10)$$

В вырожденном состоянии образуется пластический механизм. Система становится кинематически изменяемой, а часть частотного спектра – нулевой: интервалы $t \in [t_i, t_m]$ (рис. 1 б), $t \in [t_i, t_q]$, $t \in [t_{q+1}, t_m]$ (рис. 1 в).

С ростом текучести возможно образование избыточного пластического механизма и исчерпание упругого потенциала ДДС (отрезок $t \in [t_q, t_{q+1}] \subset [t_i, t_m]$ на рис. 1 в). Матрица жёсткости и весь час-

тотный спектр становятся равными нулю. Достигается предельно вырожденное состояние (ПВС).

Теорема 3 (об условии ПВС квазиупругой системы). Пусть матрица демпфирования положительно определена. Матрица жесткости квазиупругой системы принимает нулевое значение тогда и только тогда, когда один из матричных корней в (5) нулевой, а другой – невырожден

$$K(t_q) = 0 \Leftrightarrow S_k = 0, S_l = -M^{-1}C \quad (k, l = 1, 2; k \neq l). \quad (11)$$

Таким образом, в вырожденном состоянии упругопластической ДДС можно выделить два равноправных и качественно отличающихся друг от друга вида собственных форм. Это формы с колебательным движением, соответствующие ненулевым значениям частот, и формы с аperiodическим движением, соответствующие нулевой части частотного спектра.

3. Обобщенная ортогональность собственных форм упругопластической ДДС. Условия теоремы 1. При невырожденном состоянии в частотном спектре упругопластической системы отсутствуют нулевые значения (рис. 1 а), все собственные формы – колебательные. Поэтому $2n(n-1)$ соотношений ортогональности имеют вид, аналогичный (7).

Условия теоремы 2. По условию вырожденного состояния частотный спектр упругопластической

$$P_j^T [-M(\varepsilon_j + \varepsilon_i) + C] P_i = 0, \quad P_j^T [M\varepsilon_j \varepsilon_i - K(t_k)] P_i = 0. \quad (12)$$

Для третьего варианта, полагая i -ю собственную форму монотонной (вектор P_i), а j -ю (вектор P_j) колебательной, будем иметь: $\omega_i = 0, \omega_j \neq 0$. Тогда

$$\left. \begin{aligned} P_j^T [-M(\varepsilon_j + \varepsilon_i) + C + iM\omega_j] P_i &= 0, \\ P_j^T [M\varepsilon_j \varepsilon_i - K(t_k) - iM\varepsilon_i \omega_j] P_i &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

системы содержит нулевые значения (рис. 1 б), поэтому матрица P собственных форм включает в себе векторы как колебательных, так и монотонных собственных форм. Отсюда имеем условия ортогональности трёх видов. Первый вариант: обе собственные формы P_i, P_j ($i \neq j$) в соотношении ортогональности являются колебательными; второй: обе собственные формы – монотонные. Наконец, третий вариант – смешанный, когда одна форма колебательная, другая – монотонная.

В случае первого варианта соотношения ортогональности идентичны выражениям (7). При втором варианте векторам монотонных собственных форм P_i, P_j ($i \neq j$) будут соответствовать нулевые частоты $\omega_i = \omega_j = 0$. Поэтому соотношения ортогональности примут вид:

соотношения ортогональности смешанных форм примут вид ($i \neq j$):

Условия теоремы 3. В ПВС весь частотный спектр упругопластической системы – нулевой на интервале $t \in [t_q, t_{q+1}]$ (рис. 1 в). Поэтому имеем $2n(n-1)$ соотношений ортогональности собственных форм движения монотонного типа. Учитывая, что $\varepsilon_j \neq 0$, получим ($i \neq j$):

$$P_j^T M P_i = 0, \quad P_j^T C P_i = 0.$$

Эти формулы совпали с соотношениями ортогональности (1), (2) для упругой ДДС, в которой матрица C удовлетворяет условиям разделительности. При этом условии $P_j^T K(t_k) P_i = 0$ выполняется тождественно, ввиду $K(t_k) = 0$.

В отношении векторов P_i, P_j ($i, j = 1, \dots, n$) собственных форм, входящих в выражения (12) – (14) необходимо сделать следующие замечания.

В отличие от задачи упругих колебаний с малой диссипацией, где оба матричных корня S_1, S_2 в (5) невырождены и имеют простой спектр, при упругопластических колебаниях диссипативной конструкции структура матричных корней становится более сложной. Согласно условиям теорем состояний 2 и 3, только один матричный корень S_1 –

$$M = \text{diag} (0.1, 0.2, 0.2) \text{ (кНс}^2/\text{см)},$$

$$K = \begin{bmatrix} 4.8 & -4.8 & 0 \\ -4.8 & 9.6 & -4.8 \\ 0 & -4.8 & 10.8 \end{bmatrix} \text{ (кН/см)}, \quad C = \begin{bmatrix} 2.205 & -2.205 & 0 \\ -2.205 & 4.4106 & -2.142 \\ 0 & -2.142 & 4.678 \end{bmatrix} 10^{-2} \text{ (кНс/см)}.$$

При $t_1 = 0.424$ с начинается текучесть в концевых сечениях колонн верхнего этажа. Матрица жёсткости становится вырожденной:

$$K(t_1) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4.8 & -4.8 \\ 0 & -4.8 & 10.8 \end{bmatrix} \text{ (кН/см)}.$$

Согласно условию теоремы 2 матричные корни (5) обладают свойством: $\det S_1 = 0, \det S_2 \neq 0$, в результате чего одна из собственных частот мат-

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0.002777 + i0.058808 & -0.0003225 - i0.013027 \\ -0.001824 & 0.873224 & -0.4845743 + i0.008465 \\ -0.000810 & 0.483738 - i0.00335 & 0.874612 \end{bmatrix},$$

$$\Lambda = \text{diag} (-0.220934, -0.066242 - i3.267352, -0.16078 - i8.201663) \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

При этом P_1 – монотонная форма, а P_2, P_3 – колебательные формы. Проводя вычисления левой части соотношения в (6), имеем:

$$\Lambda P^T M P + P^T M P \Lambda + P^T C P = \begin{bmatrix} -0.022053 & 0 & 0 \\ 0 & -0.00409 - i1.30233 & 0 \\ 0 & 0 & -0.026903 - i3.27979 \end{bmatrix},$$

$$\Lambda P^T M P \Lambda - P^T K P = \begin{bmatrix} 0.004872 & 0 & 0 \\ 0 & -4.254896 + i0.099631 & 0 \\ 0 & 0 & -26.895403 + i0.747964 \end{bmatrix}.$$

Элементы полученных диагональных матриц не совпадают, соответственно, с матрицами E и Λ , поскольку при решении задачи не проводилось нормирование матрицы собственных форм P . Для внедиагональных элементов реализуются условия обобщённой ортогональности. Причём ортогональность монотонной формы P_1 и колебательной P_2 (и P_3) выполняется в соответствии с (13). Ортогональность колебательных форм P_2 и P_3 реализуется по формулам (7).

всегда невырожден, а второй – S_k ($k \neq 1$) либо вырожден, либо нулевой.

Для вырожденной матрицы S_k базис из собственных векторов может не существовать [4], что обусловлено наличием кратных (нулевых) собственных значений. Поэтому приведённые выше соотношения ортогональности (12) – (14) необходимо строить в базисе из собственных векторов (форм) P_i, P_j ($i \neq j$) невырожденной матрицы $S_i = P \Lambda P^{-1}$ в (10) и (11).

4. Пример. Справедливость формул (12) – (14) иллюстрируется на примере упругопластических колебаний железобетонного 3-этажного здания под действием импульсов: $P(t) = \sin \theta t P_0$, где $\theta = E\pi/t_a$, $t_a = 0.8$ с – продолжительность импульсов, $P_0 = [8, 5, 5]^T$ (кН) – вектор амплитуд. Расчётная схема и более подробная информация по этой задаче приведены в [5].

Матрицы масс, жёсткости и демпфирования составили:

рицы S_1 равна нулю. Для невырожденной матрицы S_2 значения матрицы форм P и диагональной матрицы спектра Λ составили:

При $t_3 = 0.5260$ с наступает текучесть в несущих конструкциях всех этажей каркаса. В этом случае матрица жесткости равна: $K(t_3) = 0$ (кН/см) и уравнения (6) принимают упрощённый вид: $P^T M P = \Lambda^{-1}$, $P^T C P = -E$. По условию ПВС (теорема 3) имеем: $S_1 = 0$ (c^{-1}), $S_2 = -M^{-1}C$ (c^{-1}) и тогда все собственные векторы (формы) матрицы S_2 являются монотонными:

$$P = \begin{bmatrix} 0.720628 & -0.697705 & 0.702501 \\ 0.611545 & 0.028724 & -0.609854 \\ 0.326661 & 0.715809 & 0.366839 \end{bmatrix}; \quad \Lambda = \begin{bmatrix} -0.033382 & 0 & 0 \\ 0 & -0.411979 & 0 \\ 0 & 0 & -0.229611 \end{bmatrix} (c^{-1}).$$

Условия обобщенной ортогональности собственных векторов в ПВС подчиняются соотношениям (14) $P_j^T M P_i = 0$, $P_j^T C P_i = 0$ ($i, j = 1, 2, 3$; $i \neq j$):

$$P^T M P = \begin{bmatrix} -0.004943 & 0 & 0 \\ 0 & -0.034745 & 0 \\ 0 & 0 & -0.062064 \end{bmatrix}, \quad P^T C P = \begin{bmatrix} 0.000165 & 0 & 0 \\ 0 & 0.007978 & 0 \\ 0 & 0 & 0.025569 \end{bmatrix}.$$

Выводы. На основе теорем состояний показано, что собственные формы диссипативной системы при упругих и упругопластических колебаниях качественно отличаются друг от друга. Из приведенного анализа следует, что традиционные (классические) соотношения ортогональности собственных форм есть частный случай более общих соотношений, проявляющихся во всякой динамической системе независимо от характера колебаний конструкции, условий демпфирования и вида внешнего воздействия.

Библиографический список

1. Клаф, Р., Пензиен Д.Ж. Динамика сооружений / Р. Клаф, Д.Ж. Пензиен. – М.: Стройиздат, 1979. – 320 с.

2. Киселев, В.А. Строительная механика // Специальный курс: Динамика и устойчивость сооружений / В.А. Киселев. – М.: Стройиздат, 1980. – 616 с.
3. Харрис, С.М. Справочник по ударным нагрузкам / С.М. Харрис, Ч.И. Крид. – Л.: Судостроение, 1980. – 360 с.
4. Пашков, И.А., Трояновский И.Е. Метод разложений по собственным формам колебаний упругого тела с внутренним и внешним трением // Прикладная математика и механика / И.А. Пашков, И.Е. Трояновский. – 1991, Т. 55, Вып. 6. – С. 972-981.
5. Потапов, А.Н. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарных воздействиях: монография / А.Н. Потапов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 167с.

УДК624.074.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ СТЕСНЁННОМ КРУЧЕНИИ ТОНКОСТЕННЫХ СИСТЕМ С ЖЁСТКИМ ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ

DEFINITION OF NATURAL RESONANT FREQUENCY IN THE SETTING OF CONSTRAINED TORSION OF THINWALLED COMPOUND SYSTEMS HAVING CLOSED RIGID RECTANGULAR LINE

Сбитнев В.Ф., к.т.н.; доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Разработан метод укрупнённых элементов (МУЭ) в форме метода перемещений применительно к вычислению частот свободных колебаний при стеснённом кручении тонкостенных составных систем, имеющих замкнутый жёсткий прямоугольный контур.

Annotation. The method of enlarged elements in the form of displacement method was developed figuring the natural resonant frequency in the setting of constrained torsion of thin-walled compound systems having closed rigid rectangular line

Ключевые слова: тонкостенный стержень, стеснённое кручение, колебание, частота, элемент, метод перемещений, депланация, бимомент, угол закручивания, крутящий момент, основная система, дополнительная связь, реактивное усилие.

Keywords: thin-walled core, constrained torsion, vibration, frequency, element, method of distortion, deplanation, bimoment, twisting corner, torsion moment, main system, additional carrier, jet strengthening.

Рассмотрим некоторую тонкостенную систему (рис. 1, а), состоящую из последовательно соединённых между собой слабokonических и призматических оболочек. Пусть она находится в условиях стеснённого кручения, а составляющие оболочку элементы имеют недеформируемый замкнутый прямоугольный контур. Цель работы: разработать метод, позволяющий вычислять частоты свободных колебаний в такой конструкции.

Имея в виду дать общий метод расчёта таких систем при произвольных условия опирания, будем исходить из метода конечных элементов в форме метода перемещений, разработанного применительно к расчёту слабokonических стержней-оболочек, изложенного в [1].

В данной постановке задачи, классический МКЭ несколько модернизируется в МУЭ (метод укрупнённых элементов), поскольку конструкция разбивается не на бесконечное множество элементов типа пластинок произвольной конфигурации, а на укрупнённые элементы, в данном случае, на множество бесконечно малых прямоугольных рам-полосок конечной длины (рис. 1, а, б)

Наряду с общими предпосылками, принятыми в теории расчёта многосвязных тонкостенных стержней-оболочек, при расчёте составных систем вводятся ещё три допущения, разработанные в [4], которые значительно облегчают решение поставленной задачи, не внося существенных дополнительных погрешностей:

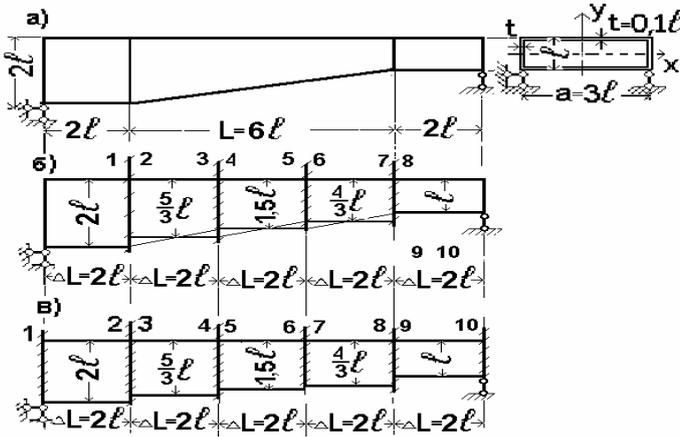


Рис. 1

Рис. 1 - Метод укрупнённых элементов

1) составная система считается плоской, т.е. продольные оси всех составляющих систему оболочек лежат в одной плоскости;

2) углы закручивания θ и деформации сечений \mathbf{U} в местах соединения принимаются одинаковыми;

3) продольные бимоменты \mathbf{B} и крутящие моменты \mathbf{H} в местах сопряжения призматических и конических оболочек считаются одинаковыми.

4) рамы-полоски обладают такими же свойствами, что заданная система.

Так как задача решается методом перемещений, то в качестве основных неизвестных принимаются деформация \mathbf{U} и угол закручивания θ в концах некоторых элементов системы. Эти элементы определяются выбором основной системы.

Для получения основной системы поступают следующим образом: мысленно заданную систему разбивают на несколько участков (элементов) в виде полос и в намеченные сечения вводятся дополнительные связи, препятствующие углу закручивания стержня и деформации сечения.

Сечения, в которых будут вводиться дополнительные связи, можно намечать произвольно: как в промежутках, так и в местах сочленения оболочек, т.е. длина намечаемых элементов может быть различной. Так, например, призматические оболочки можно выделять одним участком, а слабokonические необходимо разбивать на несколько элементов.

В соответствии с основными неизвестными метода перемещений в одно сечение водятся связи двух видов:

1) бимоментная, препятствующая только деформации сечения и способная создавать только реактивный продольный бимомент \mathbf{B} ;

2) моментная, препятствующая только углу закручивания и способная создавать только реактивный крутящий момент \mathbf{H} .

Для простоты изображения совместим обе связи в одной заделке (рис. 1, б), т.е. предполагается, что вводимая в намечаемые сечения заделка условна и отнимает две степени свободы: препятствует деформации и углу закручивания сечения независимо друг от друга. В зависимости от условий закрепления основная система может состоять из следующих типов оболочек:

1) элемент, закреплённый на двух концах;

2) элемент, закреплённый одним концом и свободным другим;

3) элемент, закреплённый одним концом и со связью, препятствующей деформации сечения, на другом;

4) элемент, закреплённый одним концом и со связью, препятствующей углу закручивания, на другом.

Для облегчения определения единичных коэффициентов при наличии сил инерции однопролётные элементы различных типов рассчитаны заранее при помощи формул [2, 3] на различные виды воздействий и сведены в таблицу, которая из-за её громоздкости в работе не приводится.

Так как аналитических решений для конических оболочек не имеется мы вынуждены переходить от «непрерывной» основной системы к конечно-элементной (ступенчато-переменной) (рис.1, б), которая состоит только из призматических оболочек. Размеры поперечного сечения каждого призматического элемента в пределах участка можно назначать в нескольких вариантах, например, назначать их по меньшему размеру, большему или усреднённому.

Итак, в основу предлагаемого метода положен элемент – призматическая узкая тонкостенная оболочка, у которой параметры $J_w, J_a, J_p, D, k, \alpha, \mu$ и другие, взятые из [2, 3], постоянны. Теперь замена заданной системы ступенчато-переменной не обеспечивает в местах сопряжения отдельных элементов точных условий сопряжения. Однако ясно, чем полнее основная система будет описывать заданную, тем точнее будут отражены эти условия, точнее будет результат расчёта. В свою очередь, это возможно только тогда, когда конические оболочки будут разбиваться на возможно большее число участков.

Пусть тонкостенная система мысленно разбита по длине на k участков. Для определения всех кинематических и силовых факторов в любом сечении достаточно условные заделки ввести в $k-1$ сечениях. Так как одна заделка эквивалентна двум связям, то на систему будет наложено $2(k-1)$ связей, препятствующих деформации и углу закручивания. Следовательно, для расчёта любой системы достаточно будет составить $m = 2(k-1)$ однородных канонических уравнений, отрицающих наличие дополнительных связей в заданной системе. Более подробно о вычислении реактивных усилий можно ознакомиться в [4].

Нетрудно убедиться, что единичные смещения дополнительных связей в каком-то сечении деформируют только соседние участки и не деформируют остальные. Следовательно, канонические уравнения применительно к данной задаче имеют шестичленную структуру. По известной аналогии назовём их уравнениями шести реактивных моментов.

Пусть связь, препятствующую деформации, обозначим буквой i , а связь, препятствующую углу закручивания - буквой j .

В общем виде пара канонических уравнений, отрицающая в заданной системе наличие реактивных усилий в связях i и j от смещения этих же и соседних связей, запишется так:

$$0 + r_{i,i-1} Z_{i-1} + r_{i,j-1} Z_{j-1} + r_{i,i} Z_i + r_{i,j} Z_j + r_{i,i+1} Z_{i+1} + r_{i,j+1} Z_{j+1} + 0 \dots = 0;$$

$$0 + r_{j,i-1} Z_{i-1} + r_{j,j-1} Z_{j-1} + r_{j,i} Z_i + r_{j,j} Z_j + r_{j,i+1} Z_{i+1} + r_{j,j+1} Z_{j+1} + 0 \dots = 0.$$

В этих уравнениях первый индекс при единичных коэффициентах указывает на связь, в которой возникает реактивное усилие, второй - на связь, от смещения которой возникает это усилие. Так, $r_{i,i+1}$ – величина реактивного усилия, возникающего в i -й связи от смещения связи $i+1$ на величину $Z_{i+1} = 1$. Заметим, что согласно теореме о взаимности работ $r_{i,j} = r_{j,i}$.

При определении коэффициентов канонических уравнений для реактивных усилий \mathbf{B} и \mathbf{H} примем следующие правила знаков:

1) реактивный продольный бимомент положителен, если ближайшая пара сил направлена по ходу часовой стрелки;

2) реактивный крутящий момент положителен, если при взгляде по оси со стороны связи с большим номером он направлен по часовой стрелке.

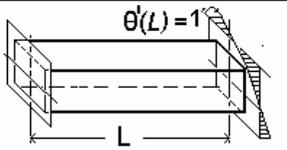
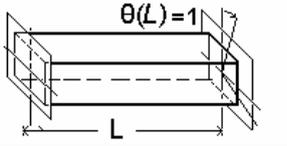
Эти правила взяты из [4]. Там же показано, как вычисляются реактивные продольные бимоменты и крутящие моменты в смещающихся и в соседних связях от единичных смещений этих связей. Коэффициенты канонических уравнений определяются из бимоментного и моментного условий равновесия, вырезанных дополнительных связей, но только уже с учётом инерционных сил.

Определение единичных коэффициентов канонических уравнений с применением шести реактивных моментов при составлении $2(k-1)$ уравнений для крайних участков связано с особенностями, объясняемыми условиями опирания системы. Однако, этих особенностей опирания можно избежать, если дополнительные связи вводить не только в намеченные сечения, но и на концах заданной системы в зависимости от условий их опирания. Тем самым заданная система превращается в основную, которая будет состоять лишь из однотипных элементов – оболочек, закреплённых с обоих концов.

Из всех возможных элементов остановимся на элементе с защемлениями на двух концах. Данные по расчёту такого элемента на кинематические воздействия приведены в таблице. Функции $A(z)$, $B(z)$, $C(z)$ и др (как и остальные параметры), позаимствованные из [2], являются поправочными функциями к статическим реакциям элементов. Они учитывают влияние распределённых сил инерции на величины реакций.

Такое представление динамических реакций при наличии таблиц позволяет вести расчёт составных систем по методу перемещений в той же форме, какая используется в задачах статики.

Значения реакций в связях элементов от единичных воздействий

Схема балки и характер воздействия	$B(0)$	$H(0)$	$B(L)$	$H(L)$
	$EJ_{\omega} \frac{D}{C^2 - DE}$	$EJ_{\omega} \frac{C}{C^2 - DE}$	$EJ_{\omega} \frac{DF - CE}{C^2 - DE}$	$EJ_{\omega} \frac{CF - DG}{C^2 - DE}$
	$EJ_{\omega} \frac{C}{C^2 - DE}$	$EJ_{\omega} \frac{E}{C^2 - DE}$	$EJ_{\omega} \frac{E^2 - CF}{C^2 - DE}$	$EJ_{\omega} \frac{EF - CG}{C^2 - DE}$

При этом, однако, порядок системы однородных канонических уравнений несколько увеличивается и становится равным $m = 2(n-1) + c_0$, где c_0 – число дополнительных связей, вводимое на концах системы и определяемое условиями закрепления концов. Получаемое решение при этом, как показали некоторые исследования, несколько улучшается.

В отношении выбора ширины элементов-полос можно утверждать только то, что уменьшение ширины полосы ΔL укрупнённого элемента и связанного с этим увеличение числа намечаемых сечений, приводит, как правило, к повышению точности расчёта. Однако переход к очень узким по размеру элементам может привести к резкому возрастанию ошибок за счёт округления и, как следствие, к росту общей погрешности расчёта.

Выбор размеров поперечного сечения элемента тоже ведет к различию в окончательных ре-

зультатах расчёта. Исследования, проведённые при расчётах на прочность [4,5] показали, что такой подход ведет к различным результатам. Так расчёт по наименьшему размеру даёт приближение снизу, расчёт по наибольшему размеру - сверху, расчёт по усреднённому размеру даёт параметры достаточно близкие к среднеарифметическому.

Получаемая система канонических уравнений при отсутствии внешней нагрузки при $i = 1, 2, \dots; j = 1, 2, \dots$ будет однородная, составленная из единичных коэффициентов матрица: квадратная, симметричная, порядка n , ленточная в общем случае является шестичленной.

Для получения значений Z_i и Z_j отличных от нуля, необходимо определитель из единичных коэффициентов обратить в нуль. В состав определителя войдут гипербола-тригонометрические функции с аргументами λ_k и μ_k . Развернутый определитель даст сложное трансцендентное уравнение

частот свободных колебаний с бесконечным числом корней. Эти корни определяют бесконечное количество частот свободных колебаний ω_k . Решение такого уравнения возможно лишь на ЭВМ.

Так как элементы основной системы будут иметь разные значения λ и μ , то их все следует привести к одному, выбранному за главный элемент.

Теоретические соображения проиллюстрируем на простейшем примере.

В качестве расчётной схемы принят стержень, состоящий из трёх стержней: двух призматических и одного конического и «шарнирно» опёртого по торцам (рис. 1). В работе арифметические выкладки при решении задачи, из-за их громоздкости приведены не полностью, т.к. целью примера является не расчёт стержня, а иллюстрация описываемого подхода.

Разобьём систему на пять элементов. Высоту левого конического элемента b_L примем равной $5/3I$, среднего $1,5I$, правого $b_R = 4/3I$. Призматические элементы выделяем отдельными участками. Пусть: $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа, $\nu = 7,874$ кН/м³, $g = 9,8156$ м/сек², $I = 1$ м.

Исследуем два случая выбора основной системы. Первый, когда вводятся восемь дополнительных связей (рис. 1, б); и второй, когда две дополнительные связи, препятствующие только деформации сечения, вводятся ещё и в торцевые сечения (рис. 1, в).

Первый вариант. В этом варианте табличными элементами будут: элемент, закреплённый с одного и «шарнирный» с другого, и стержень, закреплённый с двух концов. Используя табличные данные, составлялась система восьми однородных уравнений, раскрывался определитель восьмого порядка. Полученное трансцендентное уравнение решалось с применением функции $\text{root}(f(z), z)$ в системе MATHCAD. Функция возвратила значение переменной, обращающее выражение в нуль, $\omega_1^2 = 934$ 1/сек².

Второй вариант. В этом случае заземления ставились и в торцевые сечения. Табличный элемент один – это стержень, закреплённый с обоих концов. Искомых неизвестных теперь будет десять. Составлялись десять однородных уравнений, раскрывался определитель десятого порядка; решив полученное трансцендентное уравнение на ЭВМ, получили следующее значение первой частоты $\omega_1^2 = 957$ 1/сек².

Интересно оценить полученные результаты с другими.

Сравним первые частоты конического и составного стержней, подсчитанные по предложенной методике. Квадрат частоты конического стержня равен 969 1/сек², а составного – 957 1/сек². Они отличаются не на много.

Библиографический список

1. Сбитнев, В.Ф. Определение частот свободных колебаний в конических стержнях, имеющих замкнутый прямоугольный недеформируемый контур, находящийся в условиях стеснённого кручения. // На-ука ЮУрГУ; материалы 66-й научной конференции (Электронный рес-урс). - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – С. 1021 – 1027.
2. Карякин, Н.И. Основы расчёта тонкостенных конструкций / Н.И. Карякин. – М.: Высшая школа, 1960. – 239 с.
3. Безухов, Н.И. К расчёту тонкостенных стержней на вынужденные колебания / Н.И. Безухов, О.В. Лужин // Исследования по теории сооружений. – М.: Стройиздат, 1957. С. 7 – 41.
4. Сбитнев, В.Ф. Применение метода перемещений к расчёту на стеснённое кручение тонкостенных стержней с замкнутым контуром / В.Ф. Сбитнев // Сб. науч. тр. Исследования по строительной механике и механике трудов. – Челябинск, ЧПИ, № 225, 1979. – С. 89 – 96.
5. Сбитнев, В.Ф. Расчёт на стеснённое кручение тонкостенных систем с жёстким контуром методом перемещений / В.Ф. Сбитнев, В.А. Черемных // Строительная механика и расчёт сооружений. – М.: Стройиздат, апрель 1983. С. 27 – 30.

УДК: 691.3264.041.6

К РАСЧЁТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБОЛОЧКИ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ THE CALCULATION METHOD OF STRESS – STRAIN CONDITION REINFORCED CONCRETE ENVELOPE OF CHIMNEY PIPE

Соломин В.И., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Получено дифференциальное уравнение изгиба стержня переменной жесткости и его разностный аналог. Составлены матрицы стержня, позволившие выполнять расчёты с учётом физической и геометрической нелинейности. Разработан алгоритм расчета напряжений, деформаций и перемещений железобетонной оболочки дымовой трубы.

Abstract. Differential equation of bending bar variable rigidity and his difference analogue is obtained. The tables stiffness matrixes of rigidity rod, permitting made calculations, bearing in mind non-linear physics and geometrics deformations. Work out algorithm of calculations stresses, strains and displacements reinforced concrete envelope of chimney pipe.

Ключевые слова: метод расчёта, напряжения, деформации. железобетон, оболочка, дымовая труба.

Keywords: method of calculations, stresses, strains reinforced concrete, chimney pipe.

Предлагаются уравнения и алгоритм расчёта ствола, основанные на следующих допущениях: контур поперечного сечения оболочки остается плоским и неизменным, железобетон нелинейно деформирующийся материал. Железобетонную оболочку ствола, вследствие её относительно малых поперечных размеров и большой высоты, будем называть стержнем (рис.1).

Перемещения w_i от ветровой нагрузки заранее неизвестны и определяются методом последовательных приближений. Другие перемещения, вызванные креном фундамента или воздействием солнца, задаются отдельно и с деформациями от ветра не связаны [1]. Температурные воздействия от газопроводов в данной работе не рассматриваются.

Показанные на этом рисунке перемещения (w_i) могут быть результатом действия ветровой нагрузки, сил собственного веса, крена фундамента, солнечной радиации или их комбинации. Все эти факторы учитываются в методе, который излагается ниже.

Задача решается в физически и геометрически нелинейной постановке – учитываются нелинейные свойства материалов и изгибающие моменты, возникающие от вертикальных сил собственного веса, вследствие изгиба стержня.

1. Уравнение изгиба стержня переменной жёсткости

Жёсткость стержня зависит от изгибающих моментов, она меняется по длине ствола – может быть задана его конструкцией - или в процессе развития пластических деформаций. Следовательно, для решения задачи необходимо иметь

$$U = \int \frac{B(x)}{2} (w'')^2 dx - \int q(x)w(x)dx - \int w(x)\gamma\omega(x)w'(x)dx, \quad (1)$$

где $B(x)$ – изгибная жёсткость, $w(x)$ – прогиб, $q(x)$ – интенсивность ветровой нагрузки, γ – приведенный объемный вес материала стержня, ω – объём элемента (Δx) длины стержня, w' – угол поворота сечения.

Аналитическое решение этого уравнения затруднительно, поэтому прибегнем к вариационно-разностному методу. Разобьем стержень на неко-

$$U_i = \frac{B_i}{2} \left(\frac{w_{i-1} - 2w_i + w_{i+1}}{\Delta x^2} \right)^2 \Delta x - m_i \frac{w_{i+1} - w_{i-1}}{2\Delta x} - q_i w_i \Delta x, \quad (2)$$

где B_i – жёсткость элемента i , $m_i = p_i w_i$ – изгибающий момент, возникающий от сил собственного веса, $p_i = \gamma_i \omega_i$.

$$\frac{\partial U}{\partial w_1} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial w_2} = 0, \quad \dots, \quad \frac{\partial U}{\partial w_i} = 0 \quad (2 \leq i \leq n-1) \dots \frac{\partial U}{\partial w_{n-1}} = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial w_n} = 0.$$

Запишем её в матричной форме

$$AW + Q = 0, \quad (3)$$

уравнение изогнутой оси стержня переменной жёсткости, которая не задана до начала расчёта. Чтобы получить это уравнение, воспользуемся свойством минимума потенциальной энергии системы сил, находящихся в равновесии. Потенциальную энергию изгиба стержня выразим следующим образом

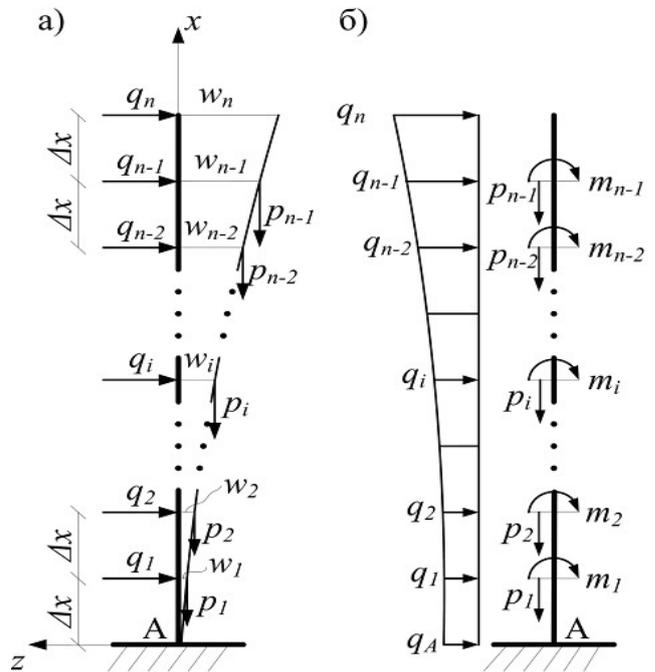


Рис.1 – К расчету ствола:

а) нагрузки и перемещения; б) расчетная схема

торое количество равных участков (Δx) и обозначим номера границ участков (узлы) номерами от 1 до n (рис.1).

Согласно (1), выражение потенциальной энергии элемента i стержня в конечно-разностной форме имеет вид

Поскольку потенциальная энергия стержня минимальна, можем составить систему уравнений

где A – матрица жёсткости стержня, нагрузок. Матрицу A можно свернуть таблицу [2].
 W – вектор перемещений узлов (w_i), Q – вектор

Матрица A стержня

	w_n	w_{n-1}	w_i	w_2	w_1
n	B_{n-1}	$-2B_{n-1}$	B_{n-1}	0	0
$n-1$	$-2B_{n-1}$	$4B_{n-1} + B_{n-2}$	$-2B_{n-1} - 2B_{n-2}$	B_{n-2}	0
i	B_{i-1}	$-2B_{i-1} - 2B_i$	$B_{i-1} + 4B_i + B_{i+1}$	$-2B_i - 2B_{i+1}$	B_{i+1}
$n-1$	0	B_3	$-2B_2 - 2B_3$	$B_1 + 4B_2 + B_3$	$-2B_1 - 2B_2$
n	0	0	B_2	$-2B_1 - 2B_2$	$B_A + 4B_1 + B_2$

Вектор нагрузок Q при расчёте на действие ветровой нагрузки

$$Q_q = \{-0,5q_A \Delta x^4; -(q_1, m_1 \Delta x^{-2}; q_2, m_2 \Delta x^{-2}; \dots q_i, m_i \Delta x^{-2}; \dots \\ \dots q_{n-2}, m_{n-2} \Delta x^{-2}; q_{n-1}, m_{n-1} \Delta x^{-2}) \Delta x^4 - 0,5q_n \Delta x^4\}^{-1}$$

Здесь приняты обозначения: m_i – изгибающие моменты от сил собственного веса, знак (;) разделяет строки матрицы Q . Члены, стоящие в скобках, разделенные запятой, например, $q_1, m_1 \Delta x^2$ составляют i строку матрицы, каждый отдельно или их сумму.

Перемещения, возникающие от поворота фундамента, определяются по формуле $w_{i,k} = \psi x_i$, где ψ – крен фундамента, x_i – расстояние от фундамента до участка i . Эти перемещения вызывают в стержне моменты $m_k = p_i w_{i,k}$.

$$Q_k = \{0; -(m_{k1} \Delta x^2; m_{k2} \Delta x^2; \dots m_{ki} \Delta x^2; \dots m_{k(n-2)} \Delta x^2; m_{k(n-1)} \Delta x^2); 0\}^{-1}.$$

Аналогично учитывается влияние солнечной радиации.

При действии солнечной радиации стержень искривляется $w_{i,r} = f x^2 / H^2$, где f – верх отклонения трубы, равный $0,005 H$, H – высота трубы [1]. Моменты, возникающие при этом в стержне $m_r = p_i w_{i,r}$.

Заметим, что эти два последних момента от силовых деформаций стержня не зависят, и по существу являются лишь нагрузкой.

Если необходимо выполнить расчёт с учетом, например крена фундамента, надо матрицу Q_q сложить с матрицей

Если уравнение (3) решено, во всех узлах найдены перемещения (w_i) и могут быть вычислены кривизна и изгибающие моменты

$$Q_i = (w_{i+1} - 2w_i + w_{i-1}) / \Delta x^2, M_i = B_i Q_i. \quad (4)$$

2. Параметры поперечного сечения оболочки

Примем оси координат, лежащие в плоскости поперечного сечения элемента: y – вертикальная, z – горизонтальная ось (рис.2).

Ось z является осью симметрии, поэтому дальше рассматривается только половина сечения. Шаг углов α и β примем одинаковым, равным π/n .

Площади бетонного элемента оболочки

$\Delta A = \frac{\pi}{n} R t$ и арматурных стержней πr^2 , одинаковые по всему поперечному сечению, симмет-

ричны относительно оси y . Выражения приведенных площадей элементов расположенных на дуге α

$$A(\alpha) = \Delta A E_b(\alpha) + \pi r^2 E_s(\alpha)$$

Запишем приведенную площадь поперечного сечения, учитывая, что модуль деформации бетона E_b и арматуры E_s в каждом элементе может быть свой

$$F_i = \sum_{\alpha=0}^{\pi} \Delta A E_b(\alpha) + \pi^2 E_s(\alpha) + \sum_{\beta=0}^{\pi} \Delta A E_b(\beta) + \pi^2 E_s(\beta) \quad (5)$$

Статический момент поперечного сечения относительно оси y .

$$S_{yi} = -\sum_{\alpha=0}^{\pi} ((\Delta A E_b(\alpha) + \pi^2 E_s(\alpha)) R \cos \alpha) + \sum_{\beta=0}^{\pi} (\Delta A E_b(\beta) + \pi^2 E_s(\beta)) R \cos \beta$$

здесь косинусы α считаются отрицательными.

Положение центра жёсткости сечения относительно оси y

$$z_{ci} = S_{yi} / F_i \quad (6)$$

$$B_i = A(\alpha) \left[\sum_{\alpha=0}^{\theta} (R \cos \alpha - z_c)^2 + \sum_{\alpha=\theta}^{\pi} (z_c - \cos \alpha)^2 \right] + \sum_{\beta=0}^{\pi} A(\beta) (R \cos \beta + z_c)^2 \quad (7)$$

Изложенный здесь подход к определению параметров поперечного сечения, позволяет определять эти параметры и в тех случаях, когда в стволе имеются технологические отверстия. Их может быть не одно, но они должны быть симметричны относительно плоскости, где лежат нагрузки и перемещения.

3. Алгоритм расчета деформаций и напряжений в оболочке

Заданы: высота трубы, параметры её поперечного сечения, армирование и начальные модули деформации бетона E_b и арматуры E_s . Действует ветровая нагрузка q_i , требуется учесть крен фундамента и влияние солнечной радиации.

ЭТАП($\alpha = 0$) Расчет на действие ветра (q)

Выполняются следующие операции:

1. По формулам (5) - (7) находят параметры всех поперечных сечений i .
2. По значениям жёсткости участков B_i определяются элементы матрицы A (см. таблицу).
3. Матрицу нагрузок в данном случае запишем так (выше она уже была показана)

$$Q = \{-0,5q_A \Delta x^4; -(q_1, m_1 \Delta x^{-2}; m_k \Delta x^{-2}; q_2, m_2 \Delta x^{-2}; \dots q_i, m_i \Delta x^{-2}; \dots q_{n-2}, m_{n-2} \Delta x^{-2}; q_{n-1}, m_{n-1} \Delta x^{-2}) \Delta x^4 - 0,5q_n \Delta x^4\}^{-1}$$

В нее включены моменты, возникающие от собственного веса при изгибе стержня. Первый шаг решения - расчёт перемещений только от ветра, поэтому примем, что члены матрицы, содержащие m_i , равны нулю.

4. Решается система уравнений (3)

$$AW + Q = 0$$

$$\begin{aligned} 0 \leq \alpha \leq \theta \quad \varepsilon_i &= -\vartheta_i R (\cos \alpha - z_c), \\ \theta \leq \alpha \leq \pi \quad \varepsilon_i &= \vartheta_i R (z_c - \cos \alpha), \\ 0 \leq \beta \leq \pi \quad \varepsilon_i &= \vartheta_i R (\cos \beta + z_c) \end{aligned} \quad (8)$$

В случае, когда модули упругости элементов, симметрично расположенных относительно оси y , одинаковы, $S_y = 0$.

Жёсткость поперечного сечения оболочки (рис.2)

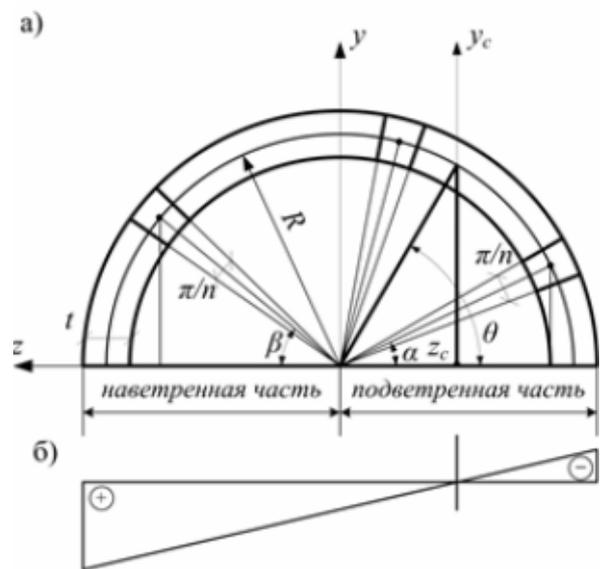


Рис.2 – Поперечное сечение ствола (а), показана половина сечения; б) эпюра деформаций, нормальных к плоскости поперечного сечения

в результате получают перемещения всех участков w_i , по формулам (4) вычисляются кривизны ϑ_i (углы поворота участков) и изгибающие моменты M_i .

5. Определяются деформации в поперечных сечениях всех участков

6. Эти деформации получены от изгиба элемента при действии ветра. Но деформация возникает и от продольных (нормальных) сил. Чтобы её найти, напишем уравнение равновесия

$$\varepsilon_i^0 F_i = -\sum_{i=1}^{n-1} p_i \quad \text{или}$$

$$\varepsilon_i^0 = -\sum_{i=1}^{n-1} p_i \left(\sum_{\alpha=0}^{\pi} \Delta A E_b + \pi r^2 E_s - \sum_{\beta=0}^{\pi} \Delta A E_b + \pi r^2 E_s \right)^{-1} \quad (9)$$

7. Полные значения деформаций получим, суммируя (8) и (9)

$$\begin{aligned} 0 \leq \alpha \leq \theta \quad \varepsilon_i &= -\mathcal{G}_i \mathbf{R}(\cos \alpha - z_c) + \varepsilon_i^0, \\ \theta \leq \alpha \leq \pi \quad \varepsilon_i &= \mathcal{G}_i \mathbf{R}(z_c - \cos \alpha) + \varepsilon_i^0, \\ 0 \leq \beta \leq \pi \quad \varepsilon_i &= \mathcal{G}_i \mathbf{R}(\cos \beta + z_c) + \varepsilon_i^0. \end{aligned} \quad (10)$$

Это деформации, нормальные к плоскости поперечного сечения i . Они сжимающие, если находятся правее оси y , проходящей через точку z_c . В этой зоне деформации бетона и арматуры одинаковые. Деформации растягивающие имеют место в зоне, расположенной левее оси y . Здесь напряжения в бетоне отсутствуют, работает только арматура. Может быть и так, что деформации по всей площади сечения сжимающие. Но в любом случае они изменяются по закону плоскости.

8. Зная полные деформации, определим напряжения в бетоне и арматуре.

Примем диаграмму деформаций бетона при сжатии, рекомендованную Европейским комитетом по бетону. Соответствующее этой кривой уравнение состояния имеет вид

$$\sigma = \frac{K \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{b0}} - \left(\frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{b0}} \right)^2}{1 + (K - 2) \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_{b0}}} R_b, \quad (11)$$

где $K = \frac{E_b}{E_{b0}}$, $E_{b0} = \frac{R_b}{\varepsilon_{b0}}$, E_b - начальный

модуль деформации бетона, ε_b - текущая деформация, ε_{b0} - деформация, при которой $\sigma = R_b$. Значения базовых деформаций: $\varepsilon_{b0} = 0,0022$, $\varepsilon_{b2} = 0,0036$. Это их усредненные значения. Они зависят от класса бетона и условий работы (в частности, влажности окружающей среды) конструкции. Принято, что бетон на растяжение не работает.

$$\mathbf{Q}_q = \{-0,5q_A \Delta x^4; -(q_1, m_1 \Delta x, m_k \Delta x^{-2}; q_2, m_2 \Delta x^{-2}; \dots q_i, m_i \Delta x^{-2}; \dots \\ \dots q_{n-2}, m_{n-2} \Delta x^{-2}; q_{n-1}, m_{n-1} \Delta x^{-2}) \Delta x^4 - 0,5q_n \Delta x^4\}^{-1}.$$

В нее включены и моменты, возникающие от собственного веса при изгибе стержня. При этом w_i принимается из предыдущего решения

9. Для определения напряжений в арматуре воспользуемся двухлинейной диаграммой [3], устанавливающей связь между напряжениями и деформациями арматуры, при растяжении и сжатии. Зависимости между напряжениями и деформациями в арматуре:

$$\begin{aligned} \text{при } 0 < \varepsilon_s < \varepsilon_{s0}, \quad \sigma_s &= \varepsilon_s E_s, \quad E_{es} = E_s; \\ \text{при } \varepsilon_{s0} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{s2}, \quad \sigma_s &= R_s; \quad E_{es} = R_s / \varepsilon. \end{aligned} \quad (12)$$

Значения базовых деформаций: максимально упругая деформация $\varepsilon_{s0} = 3,55 / 200 = 0,001775$, предельная деформация $\varepsilon_{s2} = 0,025$. Модуль упругости $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа считается одинаковым при растяжении и сжатии.

10. Во всех элементах поперечного сечения определяются секущие модули деформации бетона и арматуры

$$E_b^{(\alpha=0)} = \sigma_b / \varepsilon_b, \quad E_s^{(\alpha=0)} = \sigma_s / \varepsilon_s. \quad (13)$$

Операции (1) - (10) повторяются, пока результаты последующего решения не будут отличаться от предыдущего на достаточно малую величину.

Этап ($\alpha = 1$) Расчёт на действие ветра и сил собственного веса

Секущие модули деформации бетона и арматуры (13) принимаются из предыдущего этапа.

Выполняются следующие операции:

1. По формулам (5) - (7) находятся параметры всех поперечных сечений i .

2. По значениям жёсткости участков B_i определяются элементы матрицы A (см. таблицу).

3. Матрица нагрузок в данном случае имеет вид

$$4. \text{Решается система уравнений} \quad (3) \\ \mathbf{AW} + \mathbf{Q} = 0,$$

в результате получают перемещения всех участков w_i , по формулам (4) вычисляются кри-

визны ϑ_i (углы поворота участков) и изгибающие моменты M_i .

Далее выполняются операции (5) – (10), такие, как на предыдущем этапе. Операции (1) – (10) повторяются, пока результаты последующего ре-

$$Q_k = \{0; -(m_{k1}\Delta x^2; m_{k2}\Delta x^2; \dots; m_{ki}\Delta x^2; \dots; m_{k(n-2)}\Delta x^2; m_{k(n-1)}\Delta x^2); 0\}^{-1}$$

Аналогично учитывается влияние солнечной радиации.

О несущей способности ствола можно судить по деформациям (10), полученным на последнем этапе.

Библиографический список

1. ВСН 286 – 90. Указания по расчёту железобетонных дымовых труб, ММСС, М. 1990.

шения не будут отличаться от предыдущего на достаточно малую величину.

Если необходимо выполнить расчёт с учетом, например крена фундамента, надо матрицу Q_q сложить с матрицей

2. Соломин, В.И. Определение усилий и перемещений в сжато-изогнутых стержнях переменной жёсткости / В.П. Хомяк // Вестник отделения строительных наук РААСН. Вып. 18. 2014 г. С. 89 – 94.
3. Свод правил СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция. СНиП 52-01-2003. Издание официальное. Москва 2012.

УДК 624.04:539.3:534

ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИ И КОНСТРУКТИВНО НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ФЕРМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКИ ЧАСТЬ 1: МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ

TIME ANALYSIS OF PHYSICALLY AND STRUCTURALLY NONLINEAR OSCILLATIONS OF THE TRUSS IN THE PULSE LOADING

PART 1: MATHEMATICAL MODELS OF THE TIME ANALYSIS OF NONLINEAR VIBRATIONS

Уфимцев Е.М., старший преподаватель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье приводится описание математических моделей расчёта дискретных диссипативных систем методом временного анализа при действии динамической нагрузки. Данные модели позволяют учесть физическую и конструктивную нелинейность конструкций.

Abstract. The article describes mathematical models for calculating the discrete dissipative systems under dynamic loads using the time analysis method. These models allow taking into account the physical and structural nonlinearity of constructions.

Ключевые слова: дискретная система, диссипативная система, колебания, перемещения, восстанавливающая сила, упругопластические деформации, физическая нелинейность, конструктивная нелинейность, импульсное воздействие метод, временной анализ, математическая модель, матрица, вектор, диаграмма деформирования.

Keywords: method, time analysis, mathematical model, matrix, vector, deformation diagram, oscillations, displacement, the restoring force, elastoplastic deformation, physical nonlinearity, structural nonlinearity, impulse action.

Введение. Полный и качественный анализ напряжённо-деформированного состояния дискретных диссипативных систем (ДДС) возможно выполнять при учёте их физической, геометрической и конструктивно нелинейных свойств, что в настоящее время является весьма актуальной задачей.

В данной работе рассматриваются физически и конструктивно нелинейные колебания ферменных конструкций, находящихся под действием импульсной нагрузки. Учёт физической нелинейности осуществляется при помощи билинейной диаграммы деформирования материала с упрочнением. При этом рассматривается циклическая упругопластическая работа несущего элемента. Конструктивная нелинейность моделируется внезапным выключением (например, при потере устойчивости) или включением в работу несущих элементов.

1. Диаграмма жёсткости дискретной системы. Ввиду сложности реальных диаграмм деформирования материалов связь между напряжениями и деформациями часто аппроксимируется упрощённой зависимостью, например, билинейной диаграммой с линейным упрочнением.

Использование такой зависимости позволяет смоделировать поведение только отдельного элемента конструкции (распределённая пластичность) [1].

Однако при этом возможно смоделировать следующие основные свойства упругопластического материала: упрочнение, эффект Баушингера и т.д. [2].

Рассмотрим физически нелинейный процесс, протекающий в одном из несущих элементов ДДС. Смоделируем динамическую восстанавливающую силу (ДВС) билинейной зависимостью от переме-

щений с учётом разгрузки в осях « $R(t) \sim \tilde{y}(t)$ ». Полагаем, что разгрузка проходит при первоначальной жёсткости системы.

На рис. 1 показаны два полуцикла диаграммы жёсткости для k -й компоненты вектора ДВС $R(t)$ (линия $OABCDE$), которая определяет работу системы в направлении k -й степени свободы.

Параметры петель гистерезиса (ширина B и высота H) при такой работе будут зависеть от величин и знаков пластических деформаций и экстремальных значений ДВС соответствующего полуцикла, которые, в свою очередь, будут определяться конструктивной схемой сооружения, физиче-
на линии OA и CD :

$$\left. \begin{aligned} R_k^{(m)}(t) &= R_{e,k}^{(m)}(t) - R_{p,k}^{(m-1)}(t_i) = \operatorname{tg} \alpha_k y_k(t) - R_{p,k}^{(m-1)}(t_i); \\ \text{---//--- } AB \text{ и } DE: R_k^{(m)}(t) &= \operatorname{tg} \beta_k y_k(t) + R_{u,k}^{(m)}(t_i); \\ \text{---//--- } BC \text{ и } EF: R_k^{(m)}(t) &= \operatorname{tg} \alpha_k y_k(t) - R_{p,k}^{(m)}(t_i). \end{aligned} \right\} (1)$$

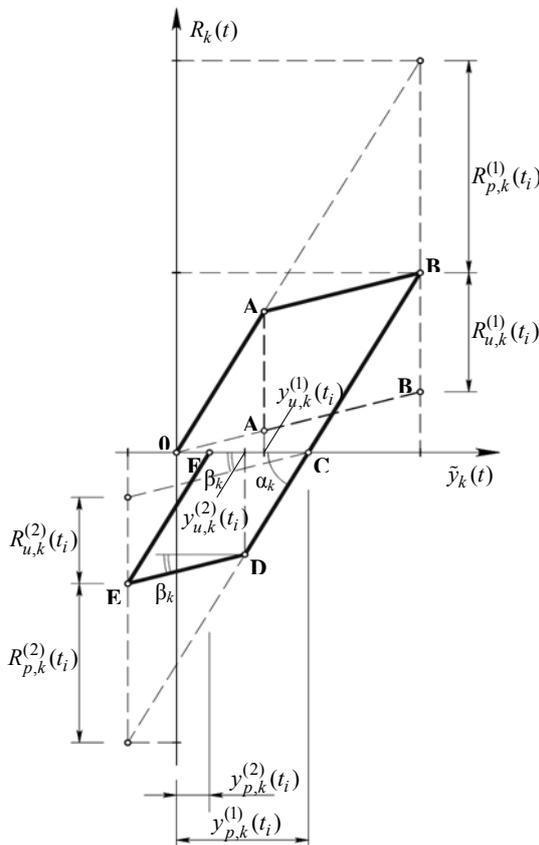


Рис. 1. - Диаграмма жёсткости k -й компоненты вектора $R(t)$ при нелинейной работе несущего элемента

Здесь $\operatorname{tg} \alpha_k$, $\operatorname{tg} \beta_k$ – жёсткости ДДС в направлении k -й степени свободы при упругой и упругопластической работе ($\alpha_k > \beta_k$); $\Delta r_k = \operatorname{tg} \alpha_k - \operatorname{tg} \beta_k$ – изменение жёсткости ДДС при переходе в упругопластическую стадию работы несущего элемента; t_i – время, соответствующее началу нелинейной работы (точка A на диаграмме) или началу разгрузки (точка B) в несущем элементе; $y_{u,k}(t_i)$ – предельное упругое перемещение в системе, определяемое в момент начала нелинейной работы t_i ; $y_{p,k}(t_i)$ – пла-

ко-механическими свойствами материала и характером нагрузки.

В общем случае величина ДВС $R_k(t)$ содержит квазилинейную, предельную и остаточную составляющие, соответственно: $R_{e,k}(t)$, $R_{u,k}(t_i)$, $R_{p,k}(t_i)$, которые формируются в зависимости от i -го состояния системы, определяемого нелинейной работой несущего элемента.

Компоненты вектора ДВС на каждом полуцикле будут вычисляться с учётом накопленных остаточных перемещений y_p . Тогда закон изменения k -й компоненты ДВС в m -м полуцикле диаграммы (верхний индекс в скобках) будет иметь следующий вид:

стическое (остаточное) перемещение, накопленное в системе к моменту начала разгрузки.

Данная система уравнений позволяет определить ДВС на каждом квазилинейном интервале временного анализа $t \in [t_i, t_{i+1}]$ при любом варианте развития процесса упругопластического деформирования конструкции (рис. 1).

Рассмотрим случай внезапного выключения некоторого несущего элемента из работы, что приведёт к конструктивно нелинейному характеру поведения системы вследствие скачкообразного изменения её жесткостных характеристик. Графически на диаграмме жёсткости это представляется в виде ломаной линии $OAA'B$ (рис. 1). В точке A этой линии имеется разрыв, возникающий в момент выключения элемента из работы.

При условии отсутствия в системе упругопластических (остаточных) деформаций ур линия действия отрезка $A'B$ будет проходить через начало координат, в противном случае – нет.

2. Математические модели нелинейного расчёта дискретных систем. Пусть K – матрица жёсткости исходной ДДС, в которой все конструктивные элементы работают упруго, а K_j – матрица жёсткости, формируемая в момент времени t_j , соответствующий моменту начала или конца нелинейной работы j -го конструктивного элемента. Ниже дадим векторную интерпретацию соотношений (1).

Квазилинейная составляющая вектора ДВС $R(t)$ равна $R_e(t) = K_j Y(t)$, где $Y(t) = [y_k(t)]$ – вектор перемещений дискретной модели. Если во всех элементах конструкции отсутствуют пластические деформации ($K_j = K$), то нелинейные составляющие вектора ДВС равны нулю: $R_u(t) = R_p(t) = 0$.

С началом нелинейного деформирования в j -м элементе конструкции вектор предельных усилий принимает вид $R_u(t) = \Delta K_j Y_u(t)$, где $\Delta K_j = K - K_j$. Вектор предельных перемещений $Y_u(t)$ строится в момент перехода системы в новое (промежуточное) i -е состояние: $Y_u(t) = Y(t)$. Если процесс нелинейного деформирования в рассматриваемом элементе носит циклический характер и связан с попеременным накоплением и редуцией остаточ-

ных деформаций, то вектор предельных усилий следует записывать в виде:

$$R_u(t_i) = R_u(t_{i-1}) + \Delta K_i Y_u(t_i),$$

где $R_u(t_{i-1})$ строится при t_{i-1} по рекуррентной схеме с учётом всех ранее накопленных деформаций в несущих элементах.

При разгрузке в j -м элементе система возвращается к предыдущей жёсткости, предшествовавшей i -му состоянию: $K_i = K_{i-1}$. Если до этого в

$$R(t) = K_i Y(t) + B(t_i), \quad (2)$$

$$B(t_i) = R_u(t_i) - R_p(t_i). \quad (3)$$

При упругих колебаниях конструктивно нелинейной системы, когда происходит внезапное выключение несущего элемента, величина вектора (2), отвечающего за физически нелинейные свойства ДВС, обращается в нуль.

Зависимости (2), (3) представляют собой математические модели нелинейного расчёта ДДС в процессе временного анализа.

$$M_i \ddot{Y}(t) + C_i \dot{Y}(t) + K_i Y(t) = P(t) + Q_i - B(t_i), \quad (4)$$

$$Y(t_i) = Y_0, \quad \dot{Y}(t_i) = \dot{Y}_0, \quad (5)$$

где M_i , C_i , K_i – матрицы масс, демпфирования и жёсткости системы; Q_i – вектор внешней статической нагрузки от собственного веса; $B(t_i)$ – вектор, отвечающий на физически нелинейные свойства системы и определяемый выражением (3).

Построение решения при колебаниях ДДС на каждом квазилинейном интервале $t \in [t_i, t_{i+1}]$ будет связано с анализом МКУ:

$$M_i S_i^2 + C_i S_i + K_i = 0, \quad (6)$$

и вычислением матричного корня S_i .

$$\begin{aligned} Y(t) &= 2\text{Re}\{Z(t)\}, \quad \dot{Y}(t) = 2\text{Re}\{S_i Z(t)\}, \\ \ddot{Y}(t) &= 2\text{Re}\{S_i^2 Z(t)\} + M_i^{-1}(Q_i + P(t) + B(t_i)), \end{aligned} \quad (7)$$

где:

$$\begin{aligned} Z(\bar{t}) &= Z_0(\bar{t}) + Z^{QR}(\bar{t}) + Z^P(\bar{t}), \\ Z_0(\bar{t}) &= \Phi(\bar{t}) U_i^{-1} M_i (-\bar{S} Y_0 + \dot{Y}_0), \\ Z^{QR}(\bar{t}) &= [\Phi(\bar{t}) - E] (U_i S_i)^{-1} [Q_i + B(t_i)], \\ Z^P(\bar{t}) &= U_i^{-1} \int_{t_i}^{\bar{t}} \Phi(t - \tau)^T P(\tau) d\tau. \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь $\bar{t} = t - t_i$; $\Phi(\bar{t}) = e^{-S_i \bar{t}}$; $U_i = M_i S_i + S_i^T M_i + C_i$.

Система уравнений (7), (8) позволяет с единых позиций определять динамическую реакцию ДДС в i -м состоянии независимо от вида колебаний (вынужденных или свободных) и от вида нелинейности (физической или конструктивной). При свободных колебаниях конструкции в (8) слагаемое $Z^P(\bar{t}) = 0$.

$$R(t) = K_i Y(t) + B(t_i), \quad F(t) = C_i \dot{Y}(t), \quad I(t) = -M_i \ddot{Y}(t). \quad (9)$$

3. Изменение параметров реакции при переходе дискретной системы в i -е состояние. При переходе физически и конструктивно нелинейной системы через критические временные точки t_i некоторые из параметров реакции претерпевают разрывы, что вызвано внезапным изменением же-

стемные отсутствовали пластические деформации, то $K_{i-1} = K$, и при этом вектор остаточных усилий определяется зависимостью:

$$R_p(t_i) = K_{i-1} Y_p(t_i),$$

где $Y_p(t_i)$ – вектор остаточных перемещений, формируемый при t_i .

Обобщая сказанное, приходим к выражению для вектора ДВС:

Колебания ДДС с n степенями свободы в i -м состоянии с учётом нелинейной работы её несущих элементов на интервале движения $t \in [t_i, t_{i+1}]$ можно описать уравнением (4) совместно с начальными условиями (5):

$$(4)$$

$$(5)$$

Такое моделирование физически и конструктивно нелинейного процесса позволяет сводить динамическую задачу к разработанному расчётному алгоритму, при котором неупругий анализ рассматривается как последовательность расчёта упругих систем [3]. При этом уравнения кинематических параметров динамической реакции квазилинейной РДМ на интервале времени $t \in [t_i, t_{i+1}]$ при произвольном внешнем воздействии в соответствии с [5] записываются так:

$$(7)$$

$$(8)$$

На основании векторов кинематических параметров (8) вычисляются значения силовых параметров реакции ДДС: соответственно, векторы восстанавливающих, диссипативных и инерционных сил:

сткостных и демпфирующих свойств конструкции. К этим параметрам в общем случае относятся ускорения и силовые параметры (9). Выражения векторов невязок указанных величин в точке разрыва, например, в т. А на рис. 1, согласно [4], имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \dot{Y}(t_i) &= -M_i^{-1}(\Delta K_i Y_u(t_i) + \Delta C_i \dot{Y}(t_i) + B(t_i)), \\ \Delta R(t_i) &= \Delta K_i Y_u(t_i) + B(t_i), \quad \Delta F(t_i) = \Delta C_i \dot{Y}(t_i), \\ \Delta I(t_i) &= \Delta R(t_i) + \Delta F(t_i), \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где $(K_i = K_{i-1} - K_i, (C_i = C_{i-1} - C_i - \text{невязка матрицы жёсткости и демпфирования.$

В случае решения упругопластической конструктивно линейной задачи в формулах (10) невязка $\Delta R(t_i) = 0$, что обусловлено непрерывным характером ломаной линии $OABC$ на диаграмме, изображённой на рис. 1.

При решении упругой конструктивно нелинейной задачи параметр $B(t_i)$ в (3), отвечающий за физическую нелинейность, обращается в нуль. При этом следует обратить внимание на тот факт, что невязка вектора ДВС $\Delta R(t_i) \neq 0$, т.к. ломаная $OAA'B$ на рис. 1 является разрывной линией вследствие изменения жесткостных параметров системы.

Перемещения и скорости имеют непрерывный характер, что обеспечивается постановкой начальных условий (5).

4. Определение точек начала нелинейного деформирования в полуциклах диаграммы жёсткости. Процесс циклического упругопластического деформирования при знакопеременном нагружении для материалов с выраженными пластическими свойствами, согласно экспериментальным данным, характеризуется изменением величины предела текучести σ_{yl} при смене знака нагружения. Такое поведение материала в литературе известно как эффект Баушингера [2]. Значение предела текучести σ_{yl} при переходе на следующий полуцикл будет зависеть от свойств материала, а также от параметров нагружения.

Рассмотрим диаграмму жёсткости с кинематическим упрочнением [6]. Для первого полуцикла диаграммы известны предел текучести $\sigma_{yl}^{(1)}$ и соответствующая деформация $\varepsilon_{yl}^{(1)}$ (точка A на рис. 2). Здесь верхний индекс в скобках, как и в выражениях (1), обозначает номер соответствующего полуцикла диаграммы.

При переходе на 2-й полуцикл диаграммы после этапов упругопластической работы и упругой разгрузки (участки AB и BC) величина предела текучести $\sigma_{yl}^{(2)}$ (точка D) в соответствии с эффектом Баушингера будет отлична от первоначального значения $\sigma_{yl}^{(1)}$. Это значение можно вычислить, используя принцип Мазинга [2], в соответствии с которым для ветви разгрузки новое значение будет отстоять на величину $2\sigma_{yl}^{(1)}$ от напряжения, дос-

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{yl}^{(m)} &= \sigma_m^{(m-1)} - k \sigma_{yl}^{(m-1)}, \\ \varepsilon_{yl}^{(m)} &= \varepsilon_m^{(m-1)} - k \varepsilon_{yl}^{(m-1)}, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где $k \leq 2$ – коэффициент, учитывающий изменение свойств материала при его циклической упругопластической работе.

Выводы. Представленные математические модели нелинейного расчёта конструкций позво-

тисгнутого в момент начала разгрузки $\sigma_u^{(1)}$ (точка B). Новое значение деформаций $\varepsilon_{yl}^{(2)}$ будет также отличаться от $\varepsilon_u^{(1)}$ на $2\varepsilon_{yl}^{(1)}$.

При переходе на 3-й и последующие полуциклы различие между напряжениями ($\sigma_u^{(m-1)}$ и $\sigma_{yl}^{(m)}$) и деформациями ($\varepsilon_u^{(m-1)}$ и $\varepsilon_{yl}^{(m)}$) будет постепенно уменьшаться на некоторую величину, которая устанавливается экспериментальным путём и зависит от типа материала и параметров нагружения.

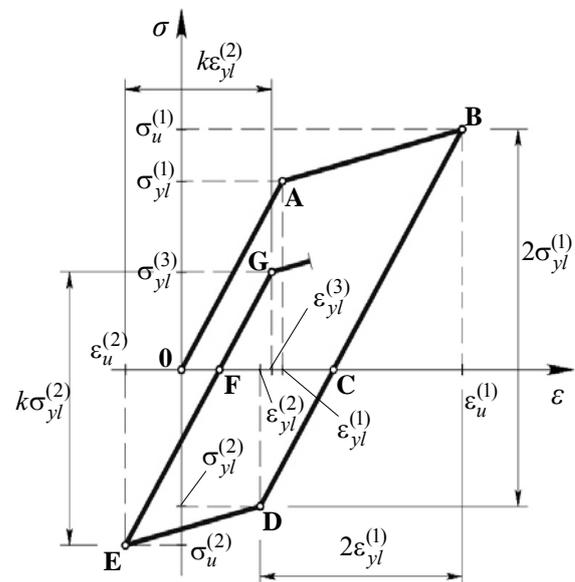


Рис. 2. - К определению точек начала нелинейного деформирования в полуциклах диаграммы жёсткости

Таким образом, выражения для вычисления координат точек начала нелинейной работы при циклическом деформировании в соответствии с вышеизложенным в общем виде будут выглядеть так:

ляют с единых позиций определять динамическую реакцию системы при учёте физической и конструктивно нелинейности, а также при циклическом упругопластическом деформировании материала.

Библиографический список

1. Рейнер, М. Реология / М. Рейнер. – М.: Наука, 1965. – 224 с.
2. Москвитин, В.В. Пластичность при переменных нагрузениях / В.В. Москвитин. – М.: Изд-во МГУ, 1965 – 264 с.
3. Потапов, А.Н. Динамический анализ дискретных диссипативных систем при нестационарных воздействиях: монография / А.Н. Потапов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 167 с.
4. Потапов, А.Н. Колебания систем с обрушающимися связями / А.Н. Потапов, Е.М. Уфимцев // Теория и практика расчёта зданий, сооружений и элементов конструкций. Аналитические и численные методы. – М., МГСУ, 2011. – С 292–301.
5. Потапов, А.Н. Временной анализ реакции ферм при действии импульсной нагрузки с учётом физической и конструктивной нелинейности / А.Н. Потапов, Е.М. Уфимцев, Н.А. Зямбаев // Теория и практика расчёта зданий, сооружений и конструкций. Аналитические и численные методы [Электронный ресурс]: Сборник докладов международной научно-практической конференции 16 декабря 2014 г. – Москва: Изд-во МГСУ, 2014. – С. 279–290.
6. Пинус, Б.И. Моделирование физической нелинейности стального стержня при одноосном нагружении с учётом истории деформирования / Б.И. Пинус, В.В. Безделев, Г.И. Гребенюк, П.С. Созонов // Известия вузов. Строительство. – Новосибирск, 2013. – № 5. – С. 122–128.

УДК 624.04:539.3:534

ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИ И КОНСТРУКТИВНО НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ФЕРМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКИ ЧАСТЬ 2: ПРИМЕР РАСЧЁТА УПРУГИХ КОНСТРУКТИВНО НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ФЕРМЫ ПОКРЫТИЯ

TIME ANALYSIS OF PHYSICALLY AND STRUCTURALLY NONLINEAR OSCILLATIONS OF THE TRUSS IN THE PULSE LOADING PART 2: EXAMPLE OF CALCULATION OF ELASTIC STRUCTURALLY NONLINEAR OSCILLATIONS OF THE ROOF TRUSS

Уфимцев Е.М., старший преподаватель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Приводится пример временного анализа реакции при упругих конструктивно нелинейных колебаниях плоской стальной фермы покрытия при импульсном воздействии.

Abstract. An example of the time analysis of the dynamic response of elastic structurally nonlinear oscillations of the flat steel roof truss with pulse action is shown.

Ключевые слова: ферма покрытия, колебания, динамическая реакция, упругие деформации, конструктивная нелинейность, импульсное воздействие, метод, временной анализ.

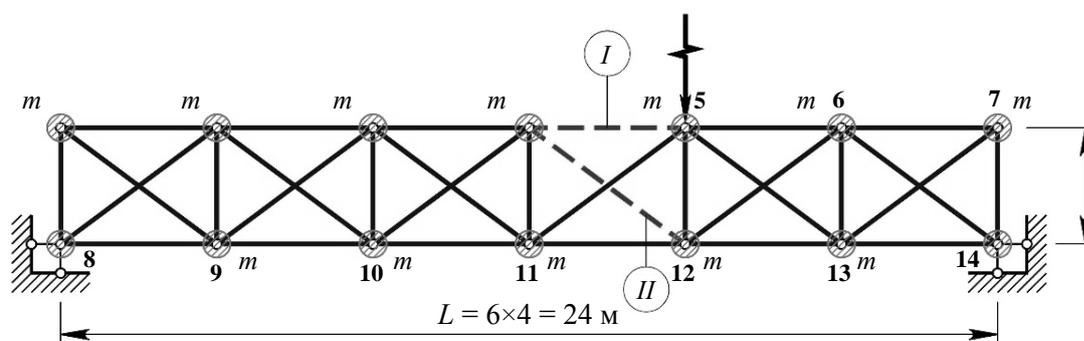
Keywords: roof truss, oscillations, dynamic response, elastic deformations, structural nonlinearity, impulse action, method, time analysis.

Рассматривается пример временного анализа реакции при упругих конструктивно нелинейных колебаниях однопролётной плоской стальной фермы покрытия, подверженной действию импульсного воздействия. Выключение несущих элементов происходит вследствие потери устойчивости при возникновении сжимающих напряжений.

Рассматривается двухступенчатое разрушение несущих элементов конструкции.

Все ссылки на формулы приведены в соответствии с 1-й частью статьи.

Расчётная динамическая модель (РДМ) фермы изображена на рис. 1. Конструкция с учётом наложенных на неё связей имеет $n = 24$ динамических степени свободы (по две в каждом узле).



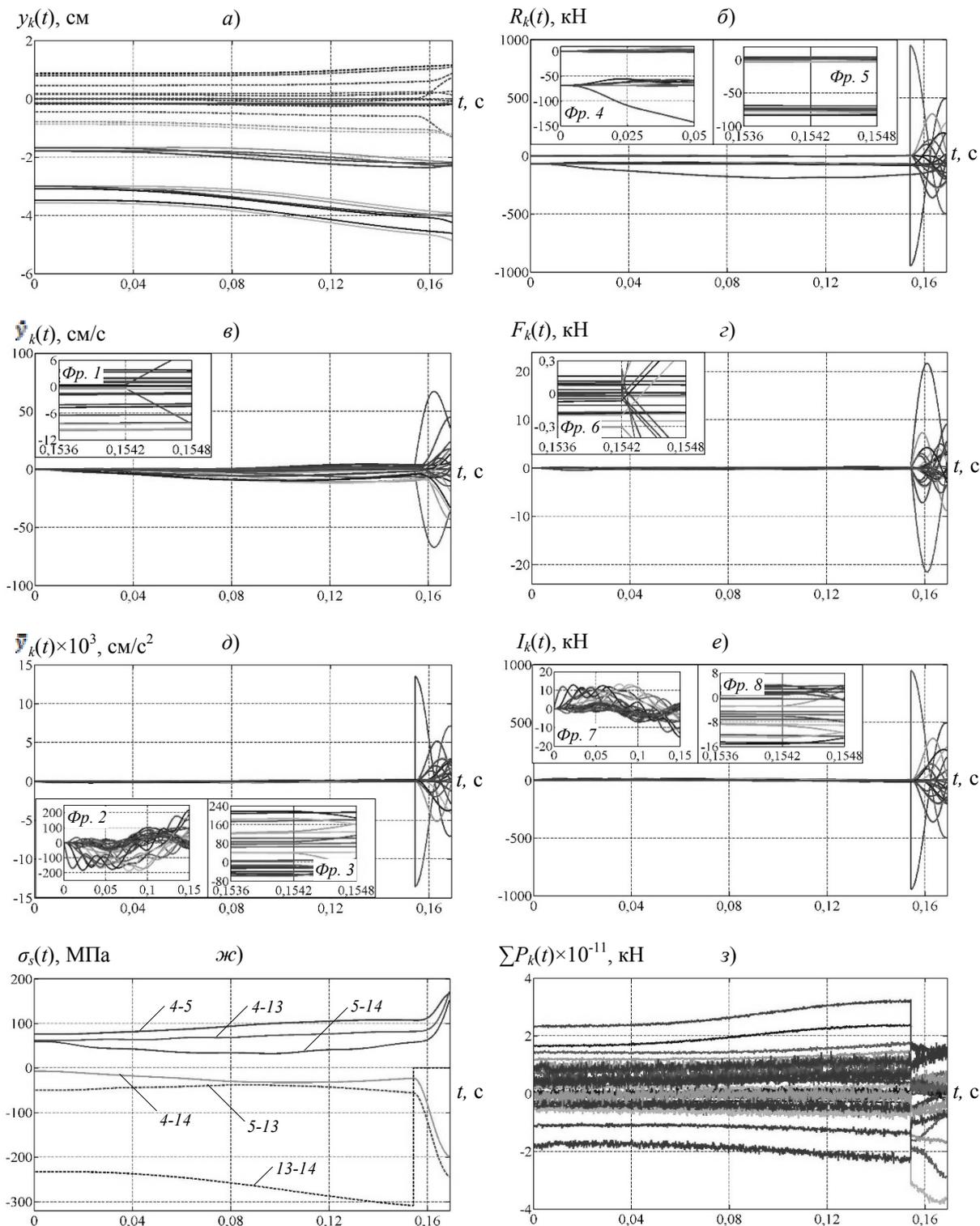


Рис. 2. - Осциллограммы параметров реакции расчётной динамической модели фермы:

- а – перемещения; б – скорости; в – ускорения; г – восстанавливающие силы;
- д – диссипативные силы; е – инерционные силы; ж – напряжения в стержнях;
- з – невязка уравнения движения ДДС

Матрица жёсткости K имеет ленточную структуру и строится с помощью процедуры, составленной на языке MATLAB. Матрица масс $M = m \cdot E$ имеет диагональную структуру. Здесь $m = 7$ тс – узловая масса, E – единичная матрица. Матрица демпфирования C строится по модели непропорционального демпфирования [1].

Внешняя нагрузка – статическая от собственного веса и динамическая в виде импульса. Вектор статической нагрузки имеет вид: $Q = [0, 1, 0, 1, \dots, 0, 1]^T \cdot G$, где $G = mg = 70$ кН. Параметры динамического воздействия: закон действия импульса – $P(t) = P_0 \sin(\theta t)$, амплитуда $P_{0,10} = 120$ кН, продолжительность нагрузки $t_a = 0,2$ с, $\theta = \pi / t_a$. Более

подробные исходные данные приведены в работах [1, 2]. Вектор перемещений $Y(t)$ имеет вид: $Y(t) = [x_1(t), y_1(t), x_2(t), y_2(t), \dots, x_{24}(t), y_{24}(t)]^T$. Векторы остальных кинематических (8) и силовых (9) параметров имеют аналогичную структуру. Временной анализ реакции фермы был выполнен на интервале $t \in [0; 0,1688]$ с при шаге интегрирования $\Delta t = 0,0002$ с.

В ходе анализа РДМ происходит 2-ступенчатое последовательное выключение несущих элементов 4-5 и 4-12 (показаны пунктиром на рис. 1): в моменты времени $t_1 = 0,1542$ с и $t_2 = 0,1688$ с, соответственно, – вследствие потери устойчивости при достижении критических сжимающих напряжений $\sigma_{cr, 4-5} = 308,9$ МПа и $\sigma_{cr, 4-12} = 244,4$ МПа. После этого система становится геометрически изменяемой, и происходит потеря её несущей способности.

На рисунке 2, а–е представлены осциллограммы кинематических (а, в, д) и силовых (б, г, е) параметров реакции фермы. Основной тон колебаний неповреждённой модели фермы составляет $\omega_1 = 18,23$ с⁻¹, ему соответствует период колебаний $T_1 = 0,335$ с. Как видно из рис. 2, а, к моменту времени t_1 узлы системы успевают совершить колебания только в пределах половины периода $T/2$.

По этой причине асимптотический характер колебаний узлов просматривается слабо. Тем не менее, величины статических перемещений до момента времени t_1 и после него можно определить по зависимостям $Y_{st} = K^{-1} \cdot Q$ и $Y_{st}(t_1) = K_1^{-1} \cdot Q$. Здесь K и K_1 – матрицы жёсткости, соответственно, неповреждённой и повреждённой фермы.

После выключения элемента 4-5 верхнего пояса (при t_1) происходит значительное снижение жёсткости конструкции и, как следствие, основного тона колебаний: $\omega_1(t_1) = 11,32$ с⁻¹. При этом можно наблюдать качественное изменение характера колебаний фермы, что можно проследить по поведению кривых на осциллограммах перемещений: оно приобретает более выраженный колебательный характер.

Осциллограммы скоростей узлов, связанных с выключаемыми элементами, при t_1 имеют перело-

мы (рис. 2, в). Осциллограммы ускорений (рис. 2, д) в тот же момент времени терпят разрывы.

На осциллограммах силовых параметров (рис. 2, б, г, е) и ускорений (рис. 2, д) можно наблюдать разрывы, которые связаны с внезапным изменением жесткостных и демпфирующих свойств системы, о чём было сказано в 1-й части статьи.

На рисунке 2, ж показаны осциллограммы напряжений в стержнях наиболее нагруженной 4-й панели фермы. Пунктиром показаны линии для выключаемых из работы элементов. Здесь можно заметить, что после выключения 1-го элемента, происходит более чем двукратное увеличение значений напряжений в элементах рассматриваемой панели.

Для оценки точности решения динамической задачи (1), (2) была выполнена подстановка найденных вектор-функций силовых параметров (9) в левую часть уравнения движения ДДС (4). Осциллограммы невязок этого уравнения приведены на рис. 2, з, из которого видно, что невязка не превышает величины $3,95 \times 10^{-11}$ кН.

Вывод. Представленные результаты временного анализа упругих конструктивно нелинейных колебаний фермы покрытия при нестационарном воздействии свидетельствуют о высокой точности полученного решения и позволяют давать оценку несущей способности конструкции и прогнозировать её состояние в плане живучести и надёжности.

Библиографический список

1. Потапов, А.Н. Колебания систем с обрушающимися связями / А.Н. Потапов, Е.М. Уфимцев // Теория и практика расчёта зданий, сооружений и элементов конструкций. Аналитические и численные методы: Сборник трудов международной научно-практической конференции 29 июня 2011. – М: Изд-во МГСУ, 2011. – С. 292–301.
2. Потапов, А.Н. Динамика конструкций с выключающимися связями при запроектных воздействиях / А.Н. Потапов, Е.М. Уфимцев // Известия высших учебных заведений. Строительство – Новосибирск: Изд-во НГАСУ, 2013 – № 1. – С. 12–19.

УДК 624.04:539.3:534

ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ФИЗИЧЕСКИ И КОНСТРУКТИВНО НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ФЕРМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКИ ЧАСТЬ 3. ПРИМЕР РАСЧЁТА УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

TIME ANALYSIS OF PHYSICALLY AND STRUCTURALLY NONLINEAR OSCILLATIONS OF THE TRUSS IN THE PULSE LOADING PART 3: EXAMPLE OF CALCULATION OF ELASTOPLASTIC OSCILLATIONS OF THE TRUSS

Уфимцев Е.М., старший преподаватель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Приводится пример временного анализа реакции плоской ферменной конструкции при импульсном воздействии в процессе упругопластических и конструктивно нелинейных колебаний.

Abstract. An example of the time analysis of the dynamic response a plane truss with pulse action during elastoplastic and structurally nonlinear oscillations of is shown.

Ключевые слова: ферменная конструкция, колебания, динамическая реакция, упругопластические деформации, билинейная диаграмма, циклическое деформирование, кинематическое упрочнение, конструктивная нелинейность, импульсное воздействие, метод, временной анализ.

Keywords: truss, oscillations, dynamic response, elastoplastic deformations, bilinear diagram, cyclic deformation, kinematic hardening, structural nonlinearity, impulse action, method, time analysis.

Приводится пример временного анализа реакции плоской стальной ферменной конструкции, подверженной действию импульсного воздействия, при упругопластических колебаниях. При этом рассматриваются случаи как конструктивно линейных, так и конструктивно нелинейных колебаний системы вследствие потери устойчивости центральной стойки при действии сжимающих напряжений.

Все ссылки на формулы приведены в соответствии с 1-й частью статьи.

Расчётная динамическая модель ферменной конструкции показана на рисунке 1, а. Система имеет $n = 2$ степени свободы (по вертикали и по горизонтали). Масса $m = 10$ т сосредоточена в узле 4.

Данная задача решалась с учётом упругопластического деформирования центрального стержня 2-4 (показан пунктиром фрагменте рис. 1, а). При этом были рассмотрены два варианта решения: 1-й вариант – без учёта, 2-й вариант – с учётом потери устойчивости этого элемента. Во 2-м варианте учитывалась циклическая работа стержня, связанная с его попеременным выключением при сжатии и включением при растяжении. Потеря устойчивости происходит при достижении критического напряжения $\sigma_{cr} = 4,11$ МПа. На рис. 1 приведены построенные в системе MATLAB диаграммы жёсткости материала этого стержня для обоих вариантов решения.

Матрицы жёсткости, масс и демпфирования формируются аналогичным образом, как и в примере, приведённом во второй части статьи.

В качестве внешней нагрузки рассматривался синусоидальный импульс длиной $t_a = 0,01$ с. Амплитуды нагрузки составляли, соответственно, $P_0 = 455$ кН для 1-го варианта и $P_0 = 250$ кН для 2-го варианта решения.

Более подробные исходные данные по задаче приведены в работе [1].

На рис. 2 приведены осциллограммы параметров реакции системы для 1-го (а-з) и 2-го (и-р) вариантов решения. На фрагментах а-в, и-л изображены кинематические параметры, на фрагментах з-е, м-о – силовые. Цифрой «1» обозначены осциллограммы, соответствующие горизонтальной степени свободы, цифрой «2» – соответствующие вертикальной степени свободы.

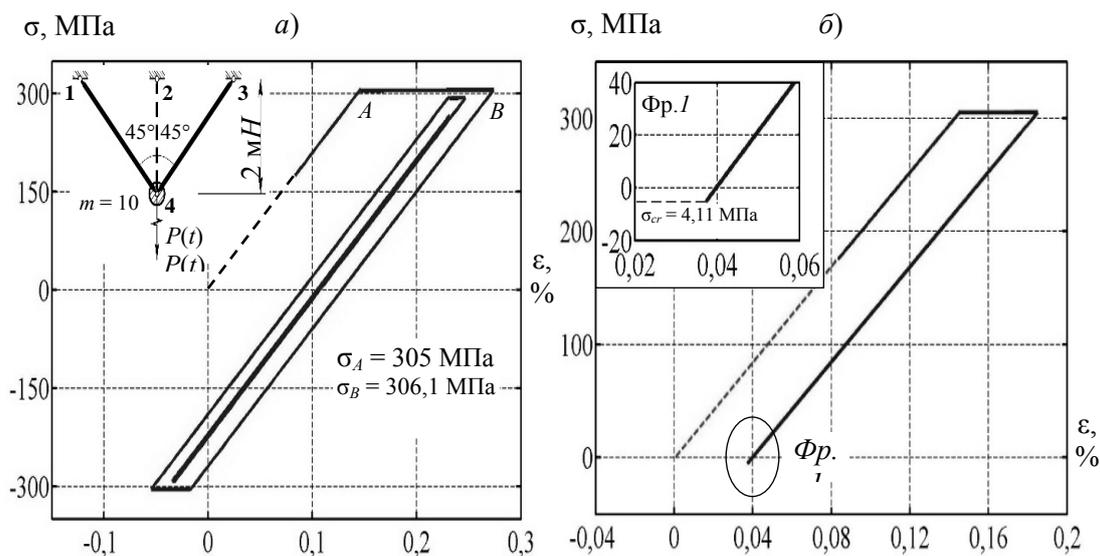


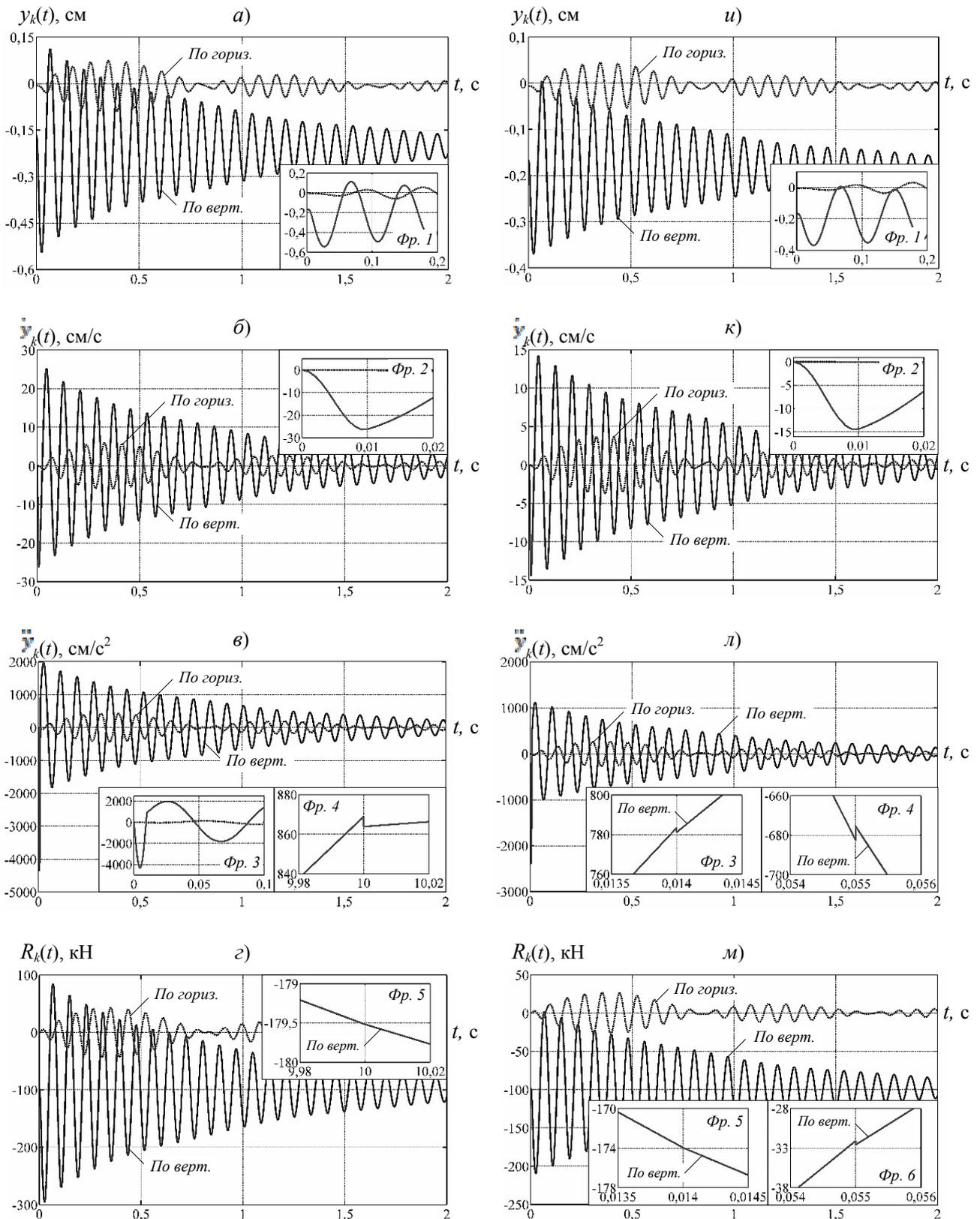
Рис. 1. - Диаграммы жёсткости стержня 2-4 при учёте: а – физической нелинейности (1-й вариант); б – физической и конструктивной нелинейности (2-й вариант)

При этом осциллограммы скоростей имеют переломы в критических временных точках, при переходе системы в новое состояние.

Вертикальные перемещения массы совершаются относительно ненулевой асимптоты, высота которой меняется в те же моменты времени. Для перемещений массы в горизонтальном направлении характерны те же эффекты, что и для вертикальных колебаний, но в гораздо меньшей степени. При этом горизонтальные колебания имеют ярко выраженную форму «биения», с периодом $T = 0,822$ с, что обусловлено близостью частот соб-

ственных колебаний: $\omega_1 = 69,25$ с⁻¹, $\omega_2 = 76,9$ с⁻¹. Для вертикальных колебаний этот эффект выражен значительно слабее.

Графики ускорений (в, л) так же, как и осциллограммы скоростей, не имеют смещения относительно положения статического равновесия. На фрагментах графиков ускорений массы в вертикальном направлении при $t = 0,01$ с можно видеть перелом, связанный с окончанием действия импульсной нагрузки. Также на фрагментах можно видеть скачки, появляющиеся в характерных точках упругопластического процесса.



Осциллограммы перемещений (а, и) и скоростей (б, κ) массы m представляют собой
 Рис. 2. - Осциллограммы параметров реакции расчётной динамической модели ферменной конструкции для 1-го (а-г) и 2-го (и-м) вариантов расчёта (начало): а, и – перемещения; б, κ – скорости; в, л – ускорения; г, м – останавливающие силы

Осциллограммы динамических восстанавливающих сил (г, м) для 1-го варианта задачи являются непрерывными, и в точках перехода системы в новое состояние наблюдаются переломы. На

осциллограммах для 2-го варианта, помимо указанных явлений, можно наблюдать также и разрывы, связанные в конструктивно нелинейной работой системы.

Характер диссипативных сил (δ , n) на осциллограммах в целом сходен с характером скоростей (β , κ), а кривые инерционных сил (ϵ , σ) идентичны кривым ускорений (ϵ , l). Однако в отличие от скоростей осциллограммы диссипативных сил содержат скачки.

На фрагментах $ж$, $л$ рис. 2 показаны осциллограммы напряжений в стержнях фермы. Для 1-го варианта задачи ($ж$) осциллограмма напряжений в центральном стержне содержит 5 пологих участков упрочнения (однако явно заметны только три участка), которые появляются при достижении предела текучести σ_{yt} . Для 1-го полуцикла эта величина составила 305 МПа, для последующих полуциклов – определялась в соответствии с принципом Мазинга [2] и по величине была меньше начального значения.

При 2-м варианте решения задачи ($л$) первый пологий участок связан с упругопластической работой системы (рис. 2, $б$). остальные – с её конструктивно нелинейной работой. Эти участки получены при $\sigma = 0$ в связи с циклическим выключением центрального стержня из работы при потере устойчивости, происходящим вплоть до $t = 0,48$ с. На этом этапе стержень работает как односторонняя связь. В последующем он больше не выключается из работы, поскольку в результате демпфирования система переходит в режим упругих колебаний с учётом накопленных пластических деформаций.

Для оценки точности решения динамической задачи (1), (2), описанной в 1-й части статьи, была

выполнена подстановка найденных вектор-функций силовых параметров (10) в левую часть уравнения движения ДДС (6). Осциллограммы невязок этого уравнения приведены на фрагментах $з$, $р$ рис. 2, которых видно, что невязка не превышает величин $5,9 \times 10^{-1}$ кН и $3,95 \times 10^{-13}$ кН, соответственно, для 1-го и 2-го вариантов решения.

Вывод. Представленный временной анализ физически и конструктивно нелинейных колебаний ферменной конструкции позволяет получать в рамках принятых моделей точное решение задачи в аналитическом виде.

В замкнутой форме построены кинематические и силовые параметры реакции системы для динамической задачи с билинейной диаграммой деформирования гистерезисного типа, при учёте конструктивной нелинейности. Определены и изучены особенности поведения параметров реакции динамической системы: асимптоты, переломы, скачки и т.д.

Библиографический список

1. Потапов, А.Н. Временной анализ реакции дискретных систем с учётом физической и конструктивной нелинейности / А.Н. Потапов, Е.М. Уфимцев // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – М: Изд-во МГСУ, 2014. – Vol. 10, Issue 3. – С. 146–158.
2. Москвитин, В.В. Пластичность при переменных нагрузениях / В.В. Москвитин. – М.: Изд-во МГУ, 1965 – 264 с.

УДК 693.547.3

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ И УСАДОЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ TEMPERATURE AND SHRINKAGE STRAIN OF CONCRETE IN A CONSTRUCTION SITE

Коваль С.Б., Молодцов М.В.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрены результаты исследований бетонных образцов, подверженных влиянию реальной знакопеременной температуры наружного воздуха. Из полученных экспериментальных данных отдельно выделены величины температурных и усадочных деформаций и определены интенсивности их развития в процессе выдерживания. Показан характер зависимости деформаций бетона от наличия противоморозных добавок в бетоне и величины начальной прочности бетона.

Abstract. The article focuses on the results of the research on concrete samples exposed to actual alternating outdoor temperature. Temperature and shrinkage strains and intensity of their development in the process of aging are presented separately. The dependence of the shrinkage on concrete antifreeze admixtures and values of the initial strength of concrete is shown.

Ключевые слова: температура бетона, усадочные деформации бетона, температурные деформации, интенсивность деформаций, набор прочности бетона.

Keywords: concrete temperature, shrinkage strain of concrete, temperature deformation, the intensity of shrinkage, curing of concrete.

Экспериментальные исследования по определению различных технологических параметров выдерживания бетонов, как правило, выполняются при постоянной температуре воздуха искусственно создаваемой в лабораторных условиях. Однако реальные условия строительной площадки постоянно меняются. Поэтому в нашем эксперименте определялись относительные деформации контрольных (не нагруженных) образцов, подверженных влиянию реальной переменной температуры наружного воздуха и усадке бетона в процессе его твердения $\epsilon_k = \epsilon_T + \epsilon_{yc}$.

Температура бетонных образцов фиксировалась в процессе всего исследования. Она с небольшой задержкой и меньшей амплитудой повторяла изменения температуры наружного воздуха. Разница температур бетона и наружного воздуха в определенный момент в процессе всего выдерживания не превысила 5°C , которая наблюдалась при существенных суточных колебаниях температуры.

При этом не наблюдалось подъема температуры бетонных образцов, вызванных вследствие экзотермических реакций твердения бетона, а так же явно выраженных горизонтальных температурных площадок, характерных для протекания интенсивных процессов льдообразования или таяния жидкой составляющей бетона, которые сопровождаются, соответственно, выделением или поглощением тепла.

Изменение температуры бетона в процессе его выдерживания оказывает существенное влияние на его деформации. Наиболее наглядно это влияние проявляется при значительных колебани-

ях его температуры. При этом прочность бетона может являться определяющим технологическим фактором, влияющим на величину деформаций и направление их развития - сжатие или растяжение.

Как видно из данных рисунка 1, деформации бетонных образцов с добавкой нитрита натрия, имеющие в начале эксперимента прочность 56 и 69 кг/см^2 , полностью подчинены колебаниям температуры и ведут себя как обычные твердые тела, у которых сформировалась кристаллическая решетка. Другими словами, при понижении температуры происходит сжатие бетонных образцов, а с повышением температуры возникают деформации расширения.

В тоже время, изменения деформаций бетона при меньшей прочности ($R = 24 \text{ кг/см}^2$), говорят о наличии в его составе большого количества свободной жидкой составляющей. Содержание добавки NaNO_2 в составе бетонных образцов рассчитано на температуру фазовых превращений минус 5°C , поэтому при колебании температуры выше минус пяти градусов, характер деформаций ничем не отличался от деформаций других образцов, имеющих большую прочность. Однако при более низких значениях температуры наблюдаются деформации расширения бетона соответствующие процессам интенсивного льдообразования (см. рис. 1 - 60, 85 и 110 часов с начала выдерживания). В тоже время при повышении температуры, и переходе ее выше температуры основных фазовых превращений бетона, наблюдаются деформации сжатия, характерные процессам таяния льда в бетоне (см. рис. 1 - 70 и 95 часов).

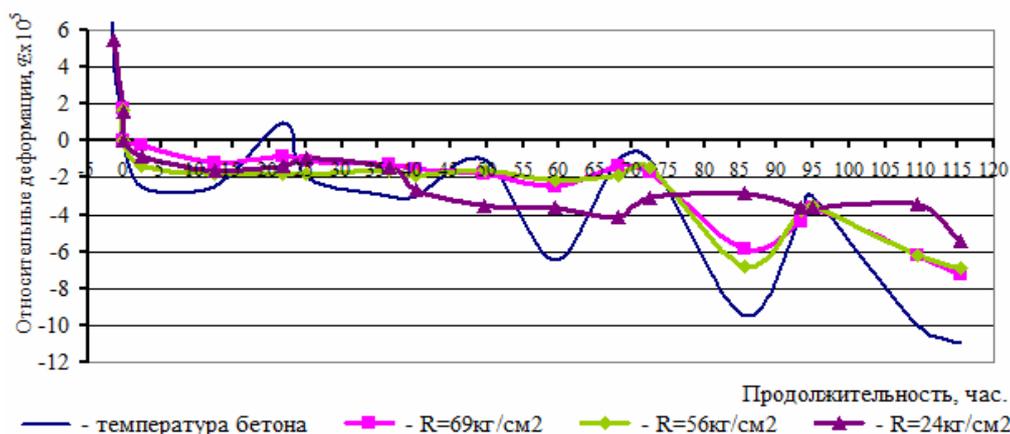


Рис.1. - Деформации бетонных образцов с добавкой NaNO_2 при изменении температуры в процессе выдерживания.

Эти процессы продолжаются при выдерживании бетона в течение первых 110 часов. В дальнейшем, за счет проходящих в нем процессов структурообразования (набора прочности и снижение количества свободной химически несвязанной воды), деформации этих образцов соответствуют направлению колебаний температуры идентично

образцам, имеющим более высокую начальную прочность.

У бетонных образцов, твердеющих без противоморозной добавки, даже при небольших значениях прочности, при переходе температуры через область основных фазовых превращений деформаций связанных с образованием льда или его таянием не наблюдалось (рис. 2).

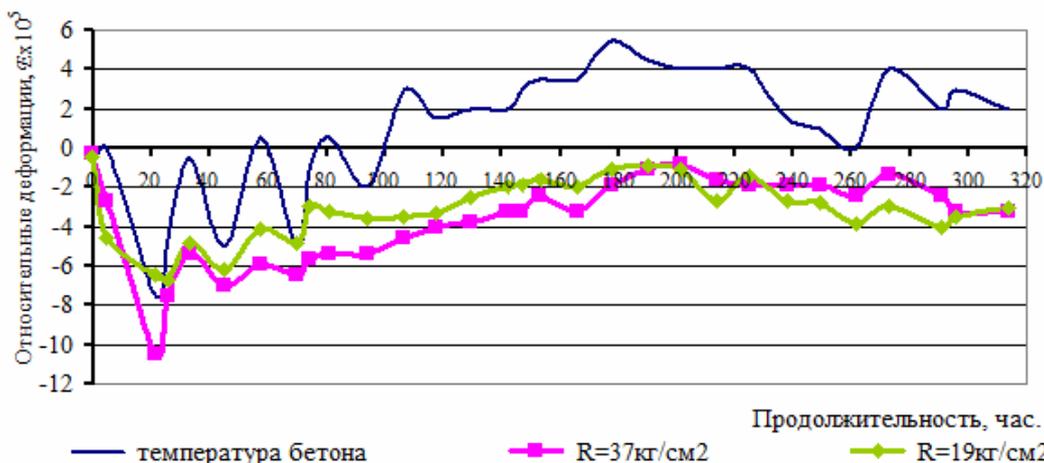


Рис. 2. - Зависимость деформаций бетона от его начальной прочности и изменения температуры в процессе выдерживания.

В составе этих образцов содержится большое количество свободной воды, которая при отрицательных температурах неминуемо переходит в лед. Однако отсутствие деформаций расширения бетона в этот момент можно объяснить тем, что параллельно при понижении температуры интенсивно протекают деформации сжатия воды, образовавшихся кристаллов льда и твердых компонентов бетона.

В лабораторных условиях при ступенчатом понижении температуры образцов на $1...2^\circ\text{C}$ с последующим выдерживанием деформации расширения при образовании льда отчетливо фиксируются [1,2]. В реальных же условиях, когда температура за счет суточного колебания существенно понижается (см. рис. 2 - 21 час с начала выдерживания), вышеперечисленные деформации сжатия составляющих бетона, превосходят деформации расширения, вызванные образованием льда в его

объеме. Наличие протекания процессов перехода воды в лед в этот момент времени проявляется в том, что деформации сжатия образцов, имеющих меньшую прочность (19 kg/cm^2), протекают менее интенсивно с тенденцией к затуханию по сравнению с образцами, начальная прочность которых составляла 37 kg/cm^2 .

В то же время, при температурах соответствующих процессам таяния льда, у бетона с меньшей прочностью деформации расширения так же протекают с меньшей интенсивностью (см. рис.2 - 106 и 177 часов с начала выдерживания). Отличия в протекании деформаций исследуемых образцов, имеющих низкие значения прочности с добавкой нитрита натрия и без добавки можно объяснить тем, что температура бетона без добавки в ходе эксперимента в относительно непродолжительный промежуток времени резко понижается с 0°C до -7°C , и не задерживается в области основных фа-

зовых превращений (0...-2°C). Это приводит к тому, что деформации расширения бетонных образцов в этот период не наблюдаются за счет интенсивного протекания процессов сжатия его составляющих.

В это же время, температура бетонных образцов с добавкой нитрита натрия в ходе эксперимента не на много отличалась от температуры основных фазовых превращений жидкой составляющей содержащей соли NaNO_2 , процентное содержание которой рассчитано на температуру заморозки минус 5°C. В результате чего деформации расширения бетона при образовании льда превосходят деформации сжатия его компонентов.

Отсутствие деформаций расширения у бетона без добавки ни в коей мере не говорит о том, что исключено негативное влияние на бетон жидкой составляющей при её переходе в лед. Просто это влияние в реальных условиях выдерживания, в случае резкого понижения температуры и переходе её через область основных фазовых превращений, менее выражено и, как следствие, труднее контролируемо.

Очевидно, что такой же эффект наблюдался бы и у бетонов с противоморозными добавками, если бы его температура резко понизилась, пройдя в непродолжительные сроки через температуру на которую рассчитано содержание добавки, а не колебалась бы около неё.

Из вышесказанного следует вывод о том, что деформации образцов в процессе замораживания или оттаивания бетона, которые фиксируются в лабораторных условиях при ступенчатом понижении температуры, практически не проявляются в реальных условиях в случае значительного суточного изменения температуры.

В деформациях бетонных образцов в процессе выдерживания в реальных условиях переменных температур рассмотренных ранее, присутствуют и усадочные деформации, возникающие вследствие твердения бетона. Чтобы выделить величину усадочных деформаций и определить интенсивность их развития были сгруппированы деформации, возникающие при одинаковых значениях температуры, которая периодически повторялась в процессе выдерживания бетона. Далее определялась относительная величина их изменения для разных временных интервалов, через которые повторялась температура выдерживания бетона. Для определения величины интенсивности протекания усадочных деформаций, их относительная величина делилась на соответствующий временной интервал.

Интенсивность протекания деформаций усадки от времени имеет высокую величину в течение непродолжительного периода выдерживания. В дальнейшем интенсивность относительных деформаций не превышает значения $-0,01 \cdot 10^{-5}$ в час.

Интенсивность протекания деформаций усадки у бетона с меньшей прочностью в начальный момент были выше, так как в нем более интенсивно протекают процессы структурообразования. Далее интенсивность деформаций усадки резко снижается. Причиной этого является то, что в это время температура бетона опускается ниже значений основных фазовых превращений жидкой составляющей и составляет -3°C, что приводит к сниже-

нию реакций гидратации цемента. Практически полное прекращение развития деформаций усадки происходит при 20 часах с начала выдерживания, когда температура бетона достигает -7,5°C.

В процессе дальнейшего выдерживания интенсивное протекание деформаций усадки не возобновляется, даже когда температура выдерживания бетонных образцов становится положительной и достигает значений +5,5°C.

Причиной такого протекания деформаций усадки является то, что в процессе заморозки жидкой составляющей образуется более пористая структура бетона и после оттаивания пористый материал меньше подвержен процессам усадки. Кроме этого после прекращения интенсивного набора прочности в результате заморозки жидкой составляющей ее рост возобновляется медленнее, чем у бетонов не подвергнутым замораживанию, и для увеличения интенсивности необходим определенный «толчок», которым может выступить его термообработка [3-5]

В статье "Исследования прочности бетона после раннего замораживания и последующей термообработки" [6] приведены данные исследований нарастания прочности бетона после его непродолжительного замораживания. Экспериментально подтверждено, что при определенных условиях термообработка заморозшего бетона способствует интенсивному набору прочности бетона и не снижает её конечную величину.

Кинетика изменения величины относительной интенсивности усадочных деформаций бетона с добавкой NaNO_2 при различной прочности представлен на рисунке 3.

В начальный момент времени у бетонов с противоморозной добавкой (в отличие от бетонов без добавки) наблюдается период увеличения интенсивности деформаций усадки. В этот момент температура бетона составляла -2 - -3°C. Это связано с тем, что низкие положительные температуры способствуют протеканию реакций выделения ионов цемента в раствор с одновременным формированием новообразований, а представленные выше температуры как раз и являются таковыми для бетона с добавкой, содержание которой рассчитано на -5°C. Причем величина интенсивности и время наступления максимального значения находятся в зависимости от прочности бетона перед началом выдерживания.

Для бетонов с прочностью 69 кг/см² и 56 кг/см² время наступления и величина максимальной интенсивности усадки имеют практически одинаковые значения. В то время как для бетона с меньшей прочностью она наступает позднее и имеет более высокое значение, что объясняется большим содержанием не вступившего в реакцию гидратации жидкой составляющей и цемента.

Наступление периода прекращения интенсивной усадки происходит в более ранние сроки с понижением прочности бетона перед началом выдерживания. Время, когда температура бетона становится ниже температуры фазовых превращений составляет 56 часов с начала выдерживания (см. рис. 2), и в этот же момент прекращаются процессы интенсивной усадки бетона с прочностью 24 кг/см². С увеличением же

прочности этот момент наступает в более поздние сроки. Это говорит о том, что с повышением прочности происходит процесс перераспределения пор по объёму бетона в сторону увеличения микропор и большее количество воды находится в химически связанном состоянии, поддерживая до определенного момента процессы структурообразования и усадки бетона.

Кроме этого у бетона с повышением прочности более развиты центры кристаллизации

новообразований по его объёму и процесс замедления твердения (усадки) происходит медленнее. Так же как и в случае бетонов без добавки, после наступления периода прекращения интенсивной усадки, величина интенсивности усадочных деформаций не увеличивается даже после приобретением температуры бетона положительных значений.

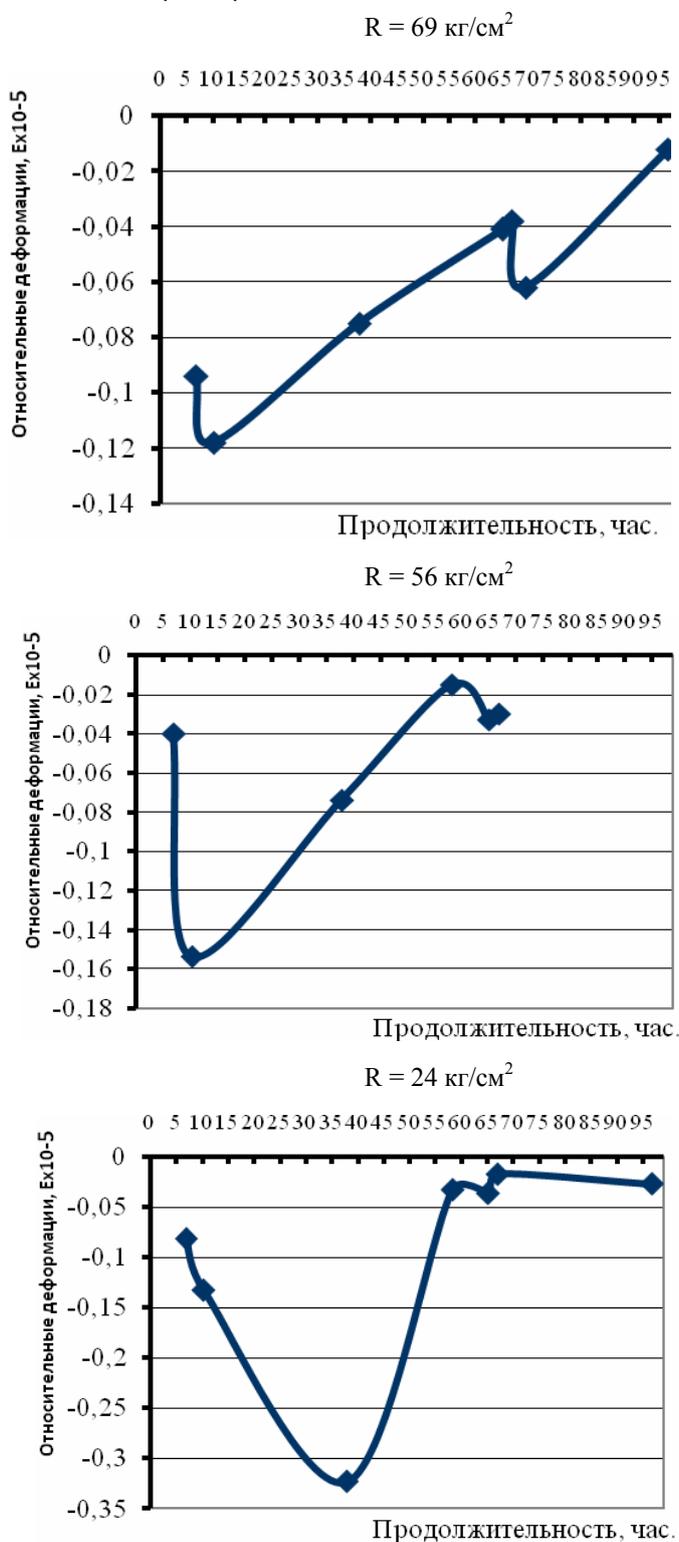


Рис. 3. - Изменение величины интенсивности относительных деформаций в процессе выдерживания бетонных образцов с добавкой NaNO_2 .

Библиографический список

1. Головнев С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с.
2. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – Москва, Стройиздат, 1981 – 464 с.
3. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. – Москва, Госстройиздат, 1956 – 700 с.
4. Сизов В.Н. Строительные работы в зимних условиях. – М. – Л., Госстройиздат, 1961– 512 с.
5. Второй международный симпозиум по зимнему бетонированию. – Москва, Стройиздат, 1978 – 266 с.
6. Головнев С.Г., Коваль С.Б., Мельник А.А. Исследования прочности бетона после раннего замораживания и последующей термообработки // Вестник УГТУ-УПИ № 11 (41) Строительство и образование: Сборник научных трудов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ", – 2004. – Вып.7. – С. 136-140.

УДК 69.057.4 + 624.05 + 69.04

МЕТОД УПРОЩЕННОЙ ОЦЕНКИ УСИЛИЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАРКАСАХ В ПРОЦЕССЕ МОНТАЖА

SIMPLIFIED METHOD OF EVALUATION EFFORTS IN STEEL FRAMEWORKS DURING ASSEMBLY

Семенов К.О., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье описаны усилия в элементах металлокаркасов многоэтажных зданий, обусловленные последовательностью монтажа конструкций. Предложена методика упрощенного расчета усилий с целью оценки безопасности принимаемых технологических и организационных решений.

Abstract. The article describes the efforts in the elements of metal frame multistorey buildings due to the sequence of assembly. The method of simplified calculation of efforts for evaluating safety of technological and organizational solutions is offered.

Ключевые слова: металлические конструкции, каркасы, усилия, динамические воздействия, монолитный железобетон, строительно-монтажные работы, последовательность монтажа.

Keywords: steel structures, frameworks, efforts, dynamic actions, construction works, monolithic reinforced concrete, sequence of assembly.

Устойчивость строительных конструкций в процессе монтажа может быть обеспечена лишь при условии, что действующие усилия в элементах не будут превышать значений, заложенных в проект. При этом в проекте усилия определяются для полностью построенного здания с использованием принципа независимого действия сил. Очевидно, что для изменяющейся во времени расчетной схемы этот принцип неприменим, и усилия на разных стадиях монтажа будут отличаться от рассчитанных по окончательной расчетной схеме.

С помощью современного программного обеспечения, ведущего расчет с помощью метода конечных элементов, можно получить усилия с учетом последовательности возведения. Однако, при этом пропорционально квадрату количества сборочных элементов, порядок монтажа которых возможно изменить, возрастает время расчета и трудоемкость задания исходных данных для программы, что делает использование метода конечных элементов нерациональным для сравнения вариантов организационно-технологической схемы строительного производства.

Последовательность монтажа имеет значение для зданий, имеющих статически неопределимую расчетную схему каркаса. При этом узлы могут быть как жесткими, так и шарнирными. В данной статье рассматривается только случай многопролетной жесткой рамы многоэтажного здания.

Наиболее значимой по величине постоянной нагрузкой для многоэтажных зданий с металличе-

ским каркасом, как правило, является собственный вес монолитных перекрытий.

При расчете монтажного напряженно-деформированного состояния конструкций упрощенным методом предлагается учесть, что:

1) на стадии эксплуатации усилия от постоянной нагрузки с разными знаками складываются, в то время как на стадии монтажа действует только одно слагаемое (изгиб в соседних пролетах от нагрузки на том же этаже, растяжение/сжатие элементов под/над этажом с приложенной нагрузкой);

2) проектные усилия в элементах, которые еще не смонтированы, перераспределяются на соседние (в СП 70.13330.2012 определено только максимальное отставание бетонирования монолитных перекрытий от монтажа, при этом допускается бетонирование на монтажном горизонте);

3) податливость узлов и ее изменение оказывают существенное влияние на усилия [1], при этом возможно выделить стадии временного закрепления (ненулевая жесткость, меньшая чем проектная) и проектного (жесткость выше, чем при временном закреплении, но узел не абсолютно жесткий) закрепления конструкций;

Рассматривается многопролетная многоэтажная рама, часть которой изображена на рисунке. Опорный момент $M_{0,a}$ слева в элементе a_0-b_0 с учетом податливости соединений (при нагружении только рассматриваемого пролета) может быть найден по формуле [2]:

$$M_{0,a} = -\frac{q_0 l_0^2}{12} \left(\frac{1}{2i_0 / c_{\varphi,0} + 1} \right) + \varphi_{0,a} \left(\frac{4i_0(3i_0 / c_{\varphi,0} + 1)}{12i_0^2 / c_{\varphi,0}^2 + 8i_0 / c_{\varphi,0} + 1} \right) \quad (1)$$

где i_0 – погонная жесткость элемента a_0-b_0 ,

q_0 – нагрузка на этот элемент,

$\varphi_{0,a}$ – угол поворота узла a_0 ,

$c_{\varphi,0}$ – коэффициент угловой жесткости крепления a_0-b_0 к колонне.

Угол поворота узла a_0 можно достаточно точно вычислить с помощью уравнений метода перемещений, приняв повороты узлов с подстрочными индексами 2 равными нулю, но при этом расчет упрощается незначительно. Для большего упрощения формулы принимаем равными нулю повороты узлов с индексами 1. Оценим, насколько большая при этом возникает ошибка вычислений.

Поворот узла с индексом 0 вызывает повороты соседних узлов, которые снижают момент в исходном узле (и его поворот) не более, чем на 0,25 от исходного значения (предельный случай – шарнирное закрепление в узлах с индексом 1). Следовательно, на бесконечном числе итераций поворот узла 0 с учетом поворотов соседних узлов 1 будет:

$$\varphi_0^{\text{точн.}} \leq \varphi_0^{\text{прибл.}} \lim_{n \rightarrow \infty} (-1)^n 0,25^n = 1 - 0,25 + 0,625 - \dots \approx 0,8 \varphi_0^{\text{прибл.}} \quad (2)$$

где $\varphi_0^{\text{точн.}}$ – точное значение угла поворота узла с индексом 0,

$\varphi_0^{\text{прибл.}}$ – приближенное значение угла поворота узла с индексом 0.

Таким образом, при предположении о нулевом повороте узлов с индексами 1 ошибка вычис-

лений не будет превышать 20% в меньшую сторону.

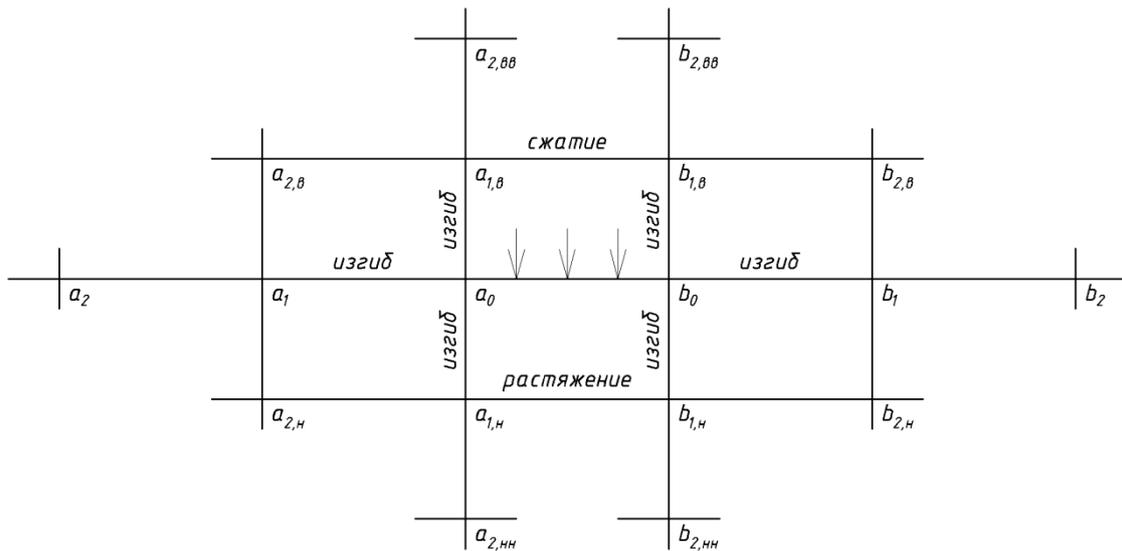


Рис. 1 - Часть многопролетной многоэтажной рамы

Подставив в формулу (1) вместо точного приближительное значение угла поворота, и вынеся за

скобки момент от нагрузки с учетом податливости узлов, получаем:

$$M_{0,a} = -\frac{q_0 l_0^2}{12} \left(\frac{2i_0 / c_{\varphi,0} + 1}{c_{\varphi,0}} \right) \left[1 - k_1 \frac{i_0' (4 \sum i_{b,0}' - 2i_0')}{4 \sum i_{a,0}' \sum i_{b,0}' - i_0'^2} \right] \quad (3)$$

где $k_1 = 0,8$ – коэффициент, учитывающий упрощающее предположение о нулевом повороте узлов;

i_0' – погонная жесткость элемента a_0-b_0 с учетом податливости;

$\sum i_{a,0}'$, $\sum i_{b,0}'$ – соответственно суммы погонных жесткостей всех приходящих в узлы a_0 и b_0 элементов с учетом податливости.

Выражение пролетного момента через опорные:

$$M_0 = \frac{q_0 l_0^2}{8} - 0,5(M_{0,a} + M_{0,b})k_2 \quad (4)$$

Где $k_2 = 0,75$ – коэффициент, учитывающий упрощающее предположение и принятый в запас из предельного случая, когда жесткости элементов за узлами с индексами 1 равны нулю.

Снижение опорного момента от нагружения соседних пролетов следует учитывать пропорционально погонным жесткостям элементов.

В таблице сравниваются моменты в элементе a_0-b_0 :

1) без учета последовательности возведения и податливости узлов,

2) с учетом последовательности возведения и податливости узлов,

3) по предложенной приближенной формуле.

Возможные варианты последовательности монтажа металлических конструкций и их нагружения нагрузкой от бетонирования монолитного перекрытия:

1) Бетонирование перекрытий производится на уровне монтажного горизонта, начиная с рассматриваемого пролета к краям; все конструкции закреплены по проекту.

2) Бетонирование перекрытий производится на уровне монтажного горизонта, начиная с края к центру; все конструкции закреплены по проекту.

3) Бетонирование перекрытий производится с отставанием в один этаж, направление бетониро-

вания – от рассматриваемого пролета к краям; элементы на монтажном горизонте закреплены временно, на этаже, где производится бетонирование – по проекту.

4) Бетонирование перекрытий производится с отставанием в один этаж, направление бетонирования – от краев в сторону рассматриваемого пролета; элементы на монтажном горизонте закреплены временно, на этаже, где производится бетонирование – по проекту.

5) Бетонирование перекрытий производится с отставанием в один этаж, направление бетонирования – от рассматриваемого пролета к краям; все элементы закреплены по проекту.

6) Бетонирование перекрытий производится с отставанием в один этаж, направление бетонирования – от краев в сторону рассматриваемого пролета; все элементы закреплены по проекту.

7) Бетонирование перекрытий производится с отставанием в два и более этажей с направлением от рассматриваемого пролета в стороны.

8) Бетонирование перекрытий производится с отставанием в два и более этажей с направлением от края к центру.

Податливость узлов моделировалась в Лире с помощью одноузловых КЭ 56, располагающихся между элементами, моделирующими балки, и элементами, моделирующими деталь опорного узла балки на колонне.

Таблица 1 - Опорные моменты в элементе a_0-b_0 , %

Метод расчета	Вариант последовательности							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Без учета последоват. и податливости	100	100	100	100	100	100	100	100
С учетом последоват. и податливости	64	89	72	90	72	90	72	90
По упрощенной формуле	72	93	75	90	76	90	76	90

Как и предполагалось, приближенная формула дает значения с запасом от 0 % до 20 %, при этом чем меньше поворот узлов, тем она точнее (случай нагружения рассматриваемого пролета после соседнего). Предложенный метод оценки усилий позволяет с достаточной для указанных в начале статьи целей перейти от расчета статически неопределимой рамы через системы линейных уравнений к одиночным упрощенным формулам расчета отдельных элементов. Моменты определяются по упрощенным формулам (3) и (4), переход от моментов к поперечным и продольным силам несложно осуществить методами строительной механики.

По результатам рассмотренного примера (см. таблицу) возможно сделать выводы о том, что для

рам с достаточно жесткими колоннами значительное снижение опорных усилий происходит только в случае, когда нет отставания по этажам бетонных работ от монтажных. Бетонирование монолитных перекрытий лучше начинать с крайнего пролета.

Библиографический список

1. Пикус, Г.А. Устойчивость строительных конструкций зданий с учетом податливости узлов в процессе возведения / Г.А. Пикус // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 63-й научной конференции – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – Т. 1. – С. 166-169.
2. Васильков, Б.С. Расчет сборных конструкций зданий с учетом податливости соединений / Б.С. Васильков, Н.М. Володин. – М.: Стройиздат, 1985. – 144 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА RESEARCH OF CIVIL ENGINEERING QUALITY AND SAFETY

Байбурин А.Х., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Исследованы выборки многоэтажных зданий различных конструктивных систем, выполненных их сборных панелей, кирпича и монолитного бетона. Приведены данные о результатах оценки показателей бездефектности, точности и конструкционной безопасности. Наблюдаемые дефекты приводят к значительному увеличению вероятности отказа несущих конструкций и сокращению сроков безопасной эксплуатации зданий.

Abstract. It is investigated samples of multistory buildings of various structural systems made of precast panels, bricks and cast-in-place concrete. Data are given about results assessment for zero-defects parameters, accuracy and structural safety. Observed defects leads to significant increasing of failure probability of load-bearing structures and reduction of safe exploitation period for buildings.

Ключевые слова: риск аварии, качество, здание, дефекты, человеческие ошибки, конструкционная безопасность.

Keywords: accident risk, quality, building, defects, human errors, structural safety.

Установленным фактом [1, 2] считается обусловленность аварий гражданских зданий грубыми человеческими ошибками, примерно в 80% случаев. Источниками ошибок выступают недостаточный уровень знаний, отсутствие опыта, недостатки документации, нарушения технологической дисциплины, халатность. Грубые ошибки при производстве работ приводят к критическим дефектам, влияющим на возможность использования продукции по назначению, ее надежность и безопасность [3]. Вероятность ошибок возрастает, если работы сложные, имеются недостатки в технологической документации (ППР, технологических картах, схемах контроля качества и др.).

Для объективной оценки качества работ предложены показатели бездефектности и точности технологических процессов. Расчет выполняется на основе статистических данных операционного контроля, исполнительных геодезических схем, лабораторного контроля свойств материалов.

Уровень бездефектности определяется как доля распределения случайных значений параметра x в интервале допуска $[a, b]$. При нормальном законе распределения уровень бездефектности

$$P = 1 - (q_a + q_b) = \Phi\left(\frac{\bar{x} - a}{S_x}\right) + \Phi\left(\frac{b - \bar{x}}{S_x}\right) - 1,$$

где q_a, q_b – уровни дефектности, определяемые по нижней a и верхней b границами допуска; Φ – функция стандартного нормального распределения; \bar{x}, S_x – среднее значение и стандартное отклонение параметра x .

В условиях строительного производства показатель точности технологического процесса предлагается определять по формуле:

$$K_T = \Delta x / (2 \cdot t_{\alpha, \nu} \cdot S_x),$$

где Δx – нормативный допуск; $t_{\alpha, \nu}$ – квантиль t -распределения, определяемый в зависимости от

степени свободы $\nu = n - 1$ и уровня доверия α , n – количество измерений.

Точность технологического процесса обеспечена, если показатель точности не меньше единицы. В противном случае точность процесса не обеспечена и требуется его настройка: изменение способов работ, технологической оснастки, режимов и т.д. Помимо точности важна стабильность процесса.

Вывод о стабильности процесса делают путем сравнения статистических коэффициентов с граничными значениями, зависящими от объема выборки и уровня доверия. При нестабильности процесса по случайным погрешностям необходимо снизить технологическую изменчивость, регулируя способы и режимы работ, технологическую оснастку, квалификацию исполнителей, методы контроля. При нестабильности процесса по систематическим погрешностям необходимо уменьшить систематические ошибки, регулируя технологические факторы.

Показатель стабильности технологического процесса по отношению к случайным (систематическим) погрешностям:

$$K_{s(x)} = n_{s(x)} / N_{s(x)},$$

где $n_{s(x)}$ – количество параметров, стабильных по отношению к случайным (систематическим) погрешностям; $N_{s(x)}$ – общее количество параметров, проверенных на стабильность.

Кроме рассмотренных показателей точности технологических процессов, необходимо анализировать качество процессов по параметрам безопасности продукции. Наиболее значимые для безопасности здания элементы конструкций и их параметры должны быть указаны в проектной и технологической документации.

Характеристика безопасности по А.Р. Ржаницыну [4] выражается через коэффициент запаса \bar{k} и вариации прочности V_R и нагрузки V_F :

$$\beta = (\bar{k} - 1) / \sqrt{V_F^2 + \bar{k}^2 V_R^2}$$

Для компенсации погрешностей расчетных моделей удобнее применять относительные показатели конструкционной безопасности:

снижения вероятности безотказной работы конструкции здания

$$K_P = P/P_0;$$

увеличения вероятности отказа (аварии)

$$K_Q = (1 - P)/(1 - P_0);$$

снижения характеристики безопасности

$$K_\beta = \beta/\beta_0;$$

где P_0, P – проектное и фактическое значения вероятности безотказной работы конструкции; β_0, β – проектное и фактическое значения характеристики безопасности.

Представление показателей безопасности в виде относительных значений позволяет применять для расчета приближенные инженерные методики с учетом взаимной компенсации погрешностей расчетной модели.

Для оценки снижения уровня безопасности в результате допущенных дефектов и ошибок обычно используют показатель K_Q , по предельному значению которого можно вычислить другие показатели. В работе [5] указанный показатель рассчитывается в зависимости от конструктивной системы здания, количества возведенных этажей, допущенных дефектов и ошибок. Для различных конструкций и условий показатель ограничивается величиной предельного риска $K_Q=32$. Фактическая вероятность аварии с учетом человеческих ошибок превышает теоретическую вероятность примерно в 40 раз по оценкам европейских ученых [1] и в 8...70 раз по данным опыта эксплуатации объектов в России [6]. Для исследованных на стадии строи-

тельства гражданских зданий нормальный порог увеличения вероятности отказа в результате ошибок строительства составил 1,5...7 [3], что согласуется с данными естественного риска $K_Q=2...10$, оцененного в работах [1, 5].

По изложенной методике были проведены исследования качества строительства. Исследовались выборки по десять многоэтажных зданий стеновой и каркасной конструктивных систем, выполненных их сборных панелей, кирпича и монолитного бетона. Результаты оценки показателей бездефектности, точности и безопасности, усредненные по выборкам зданий, а также их оценочные значения приведены в таблице.

Показатели вычислялись по приведенным выше формулам. Качество монтажа панельных зданий характеризуется средним уровнем бездефектности 0,62. Уровни бездефектности по видам работ: устройство основания и фундаментов – 0,64; монтаж стеновых панелей – 0,77; монтаж плит перекрытий – 0,69; монтаж элементов лестничной клетки – 0,49; устройство металлических связей – 0,58; герметизация стыков и швов – 0,25. Показатель увеличения вероятности отказа платформенных стыков $K_Q=11,65$ превышает допустимое значение, принятое равным 10. Таким образом, безопасный ресурс эксплуатации зданий снижен.

Дефекты в виде утолщения растворных швов, смещения сборных элементов в платформенных стыках, снижения прочности бетона и неплотного замоноличивания шпоночных стыков, а также дефекты устройства стальных связей приводят к увеличению податливости соединений. В результате снижения жесткости конструктивной системы возникают деформации сдвига в вертикальных стыках с недопустимым раскрытием трещин, что подтверждается результатами обследования зданий после 6–7 лет эксплуатации [3].

Таблица 1 - Результаты оценки показателей

Тип здания	P	K_T	K_X	K_S	K_R	K_P	K_Q
Панельные	0,62	0,59	0,65	0,62	0,863	0,984	11,65
Кирпичные	0,64	0,72	0,73	0,69	0,946	0,993	18,49
Монолитные	0,75	0,90	0,62	0,58	1,020	0,990	7,66
Оценка «приемлемо»	0,97	1,00	0,75	0,75	0,96	0,998	2
Оценка «недопустимо»	0,92	0,67	0,50	0,50	0,92	0,994	10

Средний уровень бездефектности при возведении кирпичных зданий равен 0,64. Уровень бездефектности по видам работ: устройство основания и фундаментов – 0,60; кладка несущих стен, столбов – 0,68; армирование простенков, столбов – 0,48; монтаж перемычек и перекрытий – 0,60; монтаж лестничной клетки – 0,64; устройство металлических связей – 0,60. При производстве каменных работ чаще всего не соблюдаются проектные требования по шагу установки арматурных сеток в армированные простенки. На всех контрольных

объектах было допущено утолщение растворных швов кладки и неполное заполнение вертикальных швов. Показатель риска аварии несущих стен и столбов $K_Q=18,49$ значительно превышает допустимое значение. Это связано, главным образом, с нарушением проектных требований по армированию кладки.

Уровень бездефектности при возведении монолитных и сборно-монолитных зданий достигает 0,75. Уровень бездефектности по видам работ: устройство основания и монолитных фундаментов

– 0,67; возведение монолитных стен и диафрагм – 0,63; возведение монолитных колонн – 0,78; возведение монолитных перекрытий – 0,67. Дефекты возведения монолитных и сборно-монолитных зданий были разделены на четыре класса отклонений: геометрических характеристик сечений; характеристик бетона; положения арматуры, пространственного положения конструкций. Расчетами установлено, что все виды отклонений не оказали существенного влияния на напряженно-деформированное состояние конструкций. Показатель увеличения вероятности отказа несущих конструкций $K_Q=7,66$ не превысил предельного значения, так как за счет увеличения сечений (при распоре опалубки) и фактической прочности бетона обеспечивалась проектная несущая способность конструкций $K_R=1,02$.

Таким образом, наименьшая дефектность характерна для строительства монолитных зданий, что в основном объясняется отсутствием швов и связей. Большое количество дефектов при устройстве сопряжений приводит к тому, что панельное строительство характеризуется минимальным уровнем качества из исследованной выборки зданий. Установлено также, что наибольшее количество дефектов характерно для устройства швов и связей, а наименьшее – для параметров прочности примененных материалов. Наблюдаемые дефекты приводят к значительному снижению вероятности отказа несущих конструкций и сокращению сроков безопасной эксплуатации зданий.

Библиографический список

1. Lind, N. Optimization, cost benefit analysis, specifications. Prob. 3rd Int. Conf. on Applications of statistics in Soil and Structural Engineering. – Sydney: 1979, vol. 3. – pp. 373–384.
2. Перельмутер, А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А.В. Перельмутер. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 256 с.

3. Качество и безопасность строительных технологий: Монография / А.Х. Байбурун, С.Г. Головнев. – Челябинск, Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 453 с.
4. Теория расчета строительных конструкций на надежность / А.Р. Ржаницын. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.
5. Мельчаков, А.П. Конструкционная безопасность строительного объекта: оценка и обеспечение: учебное пособие / А.П. Мельчаков, Д.А. Байбурун, Е.А. Казакова – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2013. – 136 с.
6. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий / Под ред. В.А. Котляревского, А.В. Забегаяева. Кн. 5. – М.: Изд-во АСВ, 2001. – 416 с.
7. Шапиро, Г.И. Расчет прочности платформенных стыков панельных зданий / Г.И. Шапиро, А.Г. Шапиро // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – №1. – С. 55–57.
8. Ватин, Н.И. Учет погрешностей монтажа при расчете крупнопанельных зданий / Н.И. Ватин, В.Д. Кузнецов, Е.С. Недвига // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – №6. – С. 35–40.
9. Шапиро, Г.А. Оценка качества изделий и монтажа крупнопанельных зданий по результатам прочностных натурных испытаний / Г.А. Шапиро, Б.В. Сендеров, М.Я. Фрайнт. – М.: Стройиздат, 1976. – 97 с.
10. Беккер, В.А. Разновидности и повторяемость дефектов и повреждений панельных зданий на основе результатов натурных исследований / В.А. Беккер, А.Н. Нарушевич // Известия вузов. Строительство. – 2005. – №8. – С. 97–99.
11. Байбурун, А.Х. Обеспечение качества и безопасности возводимых гражданских зданий: научное издание / А.Х. Байбурун. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 336 с.
12. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85). – М.: Стройиздат, 1989. – 304 с.
13. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов / Госстрой России. – М.: Изд-во «Архграсс», 1993. – 48 с.

УДК 624

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ НА ПРОЧНОСТЬ ПЛАТФОРМЕННЫХ СТЫКОВ ASSESSMENT INFLUENCE OF DEFECTS ON THE STRENGTH PLATFORM JOINTS

Байбурун А.Х., д.т.н., профессор, Румянцев Е.В., Беляк М.А., Разумова Я.К.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Исследуется влияние дефектов на прочность платформенных стыков панельных зданий. Приведены данные о результатах оценки показателей бездефектности и конструкционной безопасности. Наблюдаемые дефекты приводят к увеличению вероятности отказа несущих конструкций и сокращению сроков безопасной эксплуатации зданий.

Abstract. It is examined the influence of defects on the strength platform joints of panel buildings. Data are given about results assessment for zero-defects parameters and structural safety. Observed defects leads to increasing of failure probability of load-bearing structures and reduction of safe exploitation period for buildings.

Ключевые слова: дефекты, качество, здание, платформенный стык, конструкционная безопасность.

Keywords: defects, quality, building, platform joint, structural safety.

Прочность стен крупнопанельных зданий определяется, как правило, прочностью опорных узлов сопряжения несущих стен и перекрытий – платформенных и, гораздо реже, контактных стыков [1]. Наблюдаемые дефекты и погрешности

монтажа оказывают существенное влияние на податливость стыковых соединений сборных элементов, перераспределение усилий и работу конструктивной системы в целом [2]. Поэтому требуется их учет при расчете панельных зданий и их наиболее

ответственных элементов в виде платформенных стыков опирания.

Исследования качества возведения крупнопанельных зданий в разные годы в совокупности составляют достаточно большой массив данных. В работе [3] было показано, что случайные неточности монтажа, выражаемые в смещениях осей смежных по высоте стеновых панелей, не превышают 3 см. При этом физические эксцентриситеты в стенах зданий высотой 10–16 этажей меньше нормируемых значений и не превышают 1 см. Толщина горизонтальных растворных швов значительно отличается от проектных размеров и варьируется в пределах от 5 до 30–40 мм. Полные деформации сжатия растворных швов при эксплуатации могут в два раза превзойти значения деформаций при монтаже. Деформации сдвига в вертикальных стыках могут достигать 2–3 мм, что приводит к значительному раскрытию трещин в швах.

Исследования панельных зданий в процессе их возведения и эксплуатации, проведенные В.А. Беккером [4], показали, что в платформенных стыках наблюдается следующее распределение дефектов: 47% – некачественное заполнение вертикальных швов между плитами перекрытий; 36% – дефекты горизонтальных швов (пониженная прочность раствора, увеличенная толщина и некачественное заполнение швов); 10% – недостаточная глубина опирания плит перекрытий. Трещины шириной раскрытия более 0,4 мм были обнаружены в 74% наружных и 26% внутренних стеновых панелях. Дефекты платформенных стыков приводят к обмятию слабейших элементов шва, появлению трещин в элементах и швах в результате неблагоприятного перераспределения усилий в несущей системе здания.

В результате контроля качества возведения 10-ти и 16-ти этажных крупнопанельных зданий серий 121 и 97 с шагом поперечных стен от 3 до 4,5 м обнаружены следующие дефекты [5]:

1) утолщение растворных швов в среднем на 9 мм, максимально до 40 мм (частота дефекта 37%, что совпадает с данными В.А. Беккера);

2) снижение прочности раствора в швах в среднем на 10% (частота дефекта 2%);

3) снижение глубины опирания плит перекрытий в платформенных стыках в среднем на 6 мм, максимально до 25 мм (частота дефекта 32%);

4) снижение прочности бетона замоноличивания стыков (с класса В15 до В12,5) или необоснованная замена бетона на раствор М150;

5) неполное замоноличивание шпоночных бетонных соединений, приводящие к исключению из работы до 30–50% шпонок;

6) дефекты устройства стальных связей в виде неполномерных сварных швов, неплотного их замоноличивания, эквивалентные уменьшению диаметра связи на 10%.

Для исследования влияния обнаруженных дефектов были составлены конечно-элементные расчетные схемы [5], в которых платформенный стык моделировался прямоугольными и треугольными пластинчатыми элементами. В результате расчетов было установлено, что при дефектах устройства стыка главные напряжения в верхнем шве увеличиваются на 10–15%, в нижнем шве – на 11–18%. Напряжения в бетоне нижней стеновой панели возрастают на 15%, а на концевых участках панелей перекрытий – на 3%.

Натурные исследования дефектов были продолжены в 2015 году при возведении в г. Челябинске двух 26-этажных панельных зданий из изделий завода «Бетотек». Наружные стены в направлении цифровых осей несущие толщиной 410 мм в подвале и на 1-ом этаже, толщиной 380 мм на 2–14 этажах и 350 мм выше 14-го этажа. Наружные стены в направлении буквенных осей самонесущие толщиной 350 мм по всей высоте здания. Внутренние стены с шагом 3,2 и 3,6 м толщиной 200 мм в подвале и 1–9 этажах, толщиной 180 мм на 10–14 этажах и 160 мм выше 14-го этажа. Плиты перекрытий с опиранием на три стороны толщиной 160 мм. Вертикальные стыки образованы с помощью тросовых петель фирмы РЕИККО с заполнением безусадочным бетоном В30. Марка раствора швов 200.

По результатам строительного контроля параметров качества монтажа 13-ти этажей получены статистические данные (табл. 1).

Таблица 1 - Статистические данные строительного контроля

Параметр качества	Среднее, мм	Стандарт, мм	Min...max, мм	Допуск, мм	Частота дефекта
Отклонение панелей стен от осей	1,37	1,17	0...8	8	0
Отклонение панелей стен от вертикали	0,74	0,86	0...11	10	0,001
Толщина растворной постели панелей стен	22,2	3,68	15...35	10–30	0,034
Глубина опирания плит перекрытий	90,3	9,50	58...120	90±5	0,621
Толщина растворной постели перекрытий	22,9	4,79	8...40	10–20	0,728
Отклонение отметок плит перекрытий	-2,94	2,49	-12...10	±10	0,001

Из данных табл. 1 видно, что наблюдаются значительные отклонения толщины растворной постели и глубины опирания плит перекрытий. Уровень дефектности по этим параметрам равен 0,728 и 0,621 соответственно. Вместе с тем другие отклонения фактического планово-высотного по-

ложения сборных элементов находятся в пределах допуска.

Качественно схожие данные были получены при строительном контроле 18-этажного панельного жилого дома 97-й серии, возводимого в микрорайоне «Академ-Сити» в г. Челябинске.

Для определения снижения прочности платформенного стыка с учетом дефектов монтажа ис-

пользуем выражение, рекомендуемое нормами [6]:

$$R_c = R_{bw} \left(1 - \frac{(2 - t_m / b_m) t_m / b_m}{1 + 2R_m / B_w} \right) \cdot \left(\frac{b_{pl} - \delta_{pl}}{t} \right) \gamma_{pl} \eta_{pl}, \quad (1)$$

где R_{bw} – прочность бетона стены при сжатии; t – толщина стены; t_m – толщина растворного шва; R_m – прочность раствора; B_w – класс по прочности на сжатие бетона стены; b_m – ширина растворного шва; b_{pl} – суммарная ширина платформенных площадок; δ_{pl} – суммарное смещение в платформенном стыке плит перекрытий; γ_{pl} – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки платформенных площадок; η_{pl} – коэффициент, учитывающий соотношения прочностей бетона стены и опорных участков плит перекрытий.

Второй сложный множитель формулы (1) представляет собой коэффициент, учитывающий влияние горизонтальных растворных швов. Третий

сложный множитель учитывает конструктивный тип стыка, неравномерность распределения сжимающей нагрузки между опорными площадками и эксцентриситет продольной силы.

Результаты расчетов по формуле (1) стыков с различными дефектами приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 в отличие от классификатора дефектов [7], применяемого в системе Госстройнадзора, позволяют дифференцировать дефекты по степени значимости не только по виду, но и по значению отклонения.

Таблица 2 - Снижение прочности платформенного стыка при дефектах

Вид дефекта	Величина дефекта, %	Снижение прочности стыка		Значимость дефекта
		ВС	НС	
Снижение прочности бетона стеновой панели	10	0,930	0,908	значительный
	20	0,844	0,802	критический
	30	0,736	0,695	критический
Снижение прочности бетона плит перекрытий	10	0,953	0,978	малозначительный
	20	0,892	0,923	значительный
	30	0,819	0,858	критический
Снижение прочности раствора горизонтальных швов	20	0,980	0,955	малозначительный
	50	0,937	0,859	значительный
	100	0,789	0,492	критический
Увеличение толщины горизонтальных швов	20	0,972	0,955	малозначительный
	50	0,932	0,899	значительный
	100	0,872	0,836	критический
Увеличение смещения сборных элементов в стыке	50	0,942	0,868	значительный
	100	0,884	0,736	критический
	200	0,769	0,472	критический

Примечание: значимость дефектов устанавливается по ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» в рамках установленных границ понятий.

Заключение. Среди наблюдаемых дефектов наиболее опасными являются утолщение растворных швов и увеличение смещения сборных элементов в стыке. При увеличении толщины горизонтальных швов в два раза прочность стыка снижается на 13–16%. При взаимном неблагоприятном смещении сборных элементов в стыке с увеличением нормативных допусков на 50% прочность стыка снижается на 6–13%. Хотя снижение прочности раствора не оказывает существенного влияния на прочность стыков, но при быстрых темпах возведения (этаж за 6 дней) этот параметр может оказаться критическим.

Библиографический список

1. Шапиро, Г.И. Расчет прочности платформенных стыков панельных зданий / Г.И. Шапиро, А.Г. Шапиро //

Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – №1. – С. 55–57.

2. Ватин, Н.И. Учет погрешностей монтажа при расчете крупнопанельных зданий / Н.И. Ватин, В.Д. Кузнецов, Е.С. Недвига // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – №6. – С. 35–40.

3. Шапиро, Г.А. Оценка качества изделий и монтажа крупнопанельных зданий по результатам прочностных натурных испытаний / Г.А. Шапиро, Б.В. Сендеров, М.Я. Фрайнт. – М.: Стройиздат, 1976. – 97 с.

4. Беккер, В.А. Разновидности и повторяемость дефектов и повреждений панельных зданий на основе результатов натурных исследований / В.А. Беккер, А.Н. Нарушевич // Известия вузов. Строительство. – 2005. – №8. – С. 97–99.

5. Байбурин, А.Х. Обеспечение качества и безопасности возводимых гражданских зданий: научное издание / А.Х. Байбурин. – М.: Изд-во АСВ, 2015. – 336 с.
6. Пособие по проектированию жилых зданий. Вып. 3. Конструкции жилых зданий (к СНиП 2.08.01-85). – М.: Стройиздат, 1989. – 304 с.
7. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов / Госстрой России. – М.: Изд-во «Архграсс», 1993. – 48 с.

УДК 693.55

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

ANALYSIS OF EXISTING FLOW CURVES STEEL FIBER CONCRETE

Горелова А.С., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Изучены и проанализированы реологические характеристики сталефибробетонных смесей, а также приборов, необходимых для их оценки.

Abstract. Flow curve of steel fiber concrete and also instruments which are needed for the estimation of their properties are studied and analyzed in the article.

Ключевые слова: Сталефибробетон, реологические характеристики, бетонная смесь, удобоукладываемость, фибра, деформация, боковое давление

Keywords: Steel fiber concrete, flow curve, concrete, placeability, fiber, deformation, lateral pressing.

Давление сталефибробетонной смеси во многом будет зависеть от ее реологических характеристик. Из анализа существующего зарубежного и отечественного опыта выявления зависимости давления бетонной смеси на опалубку следует, что величина этого давления во многом зависит от характеристик смеси. В соответствии с Российской нормативной документацией этой характеристикой является подвижность бетонной смеси, которая связана с удобоукладываемостью. Удобоукладываемость характеризуется подвижностью и жесткостью бетонной смеси [1].

Подвижность бетонной смеси характеризуется измеряемой в сантиметрах величиной осадки конуса ОК, отформованного из бетонной смеси. Подвижность бетонной смеси с зернами заполнителя наибольшей крупности 40 мм включительно определяют на приборе – стандартном конусе.

Жесткость бетонной смеси характеризуется временем (в секундах), необходимым для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси в приборе для определения жесткости, который устанавливается на виброплощадку.

Интересными являются исследования И. А. Лобанова [2], который в одной из своих работ определял зависимость жесткости сталефибробетонной смеси в зависимости от коэффициента армирования по массе и параметра стальной фибры L/d . (рис. 1)

Таким образом, жесткость может быть одинаковой при разных коэффициентах армирования стальной фиброй.

Необходимо найти такой параметр оценки реологических характеристик, который будет подходить для смесей с любым содержанием стальной фибры и будет однозначно определять их.

Компоненты приготовленной бетонной смеси можно условно поделить на жидкую фазу (цементное тесто) и твердую фазу (твердые заполнители). Цементное тесто относится к так называемым

структурированным системам, которые создаются за счет действия сил молекулярного сцепления между частицами. Такие системы обладают свойством тиксотропности – способность изменять свои реологические свойства под влиянием механических воздействий и восстанавливать их после прекращения воздействия.

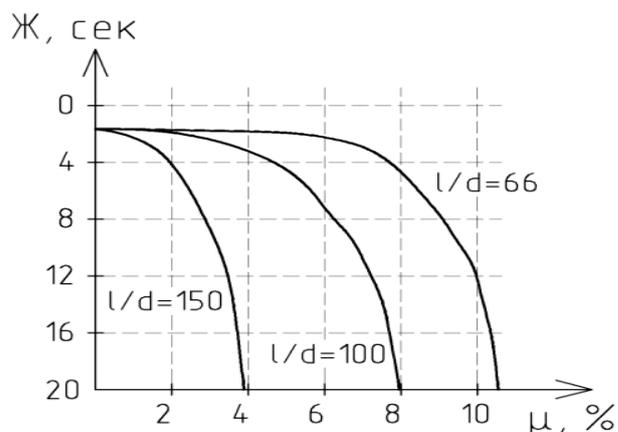


Рис.1. - Зависимость жесткости от коэффициента армирования стальной фиброй по массе при определённых параметрах фибры.

Поведение структурированных систем при приложении внешних сил существенно отличается от поведения жидкостей. Если вязкость жидкости (ньютоновская) является постоянной и не зависит от значения прикладываемого давления (вязкость жидкости меняется только с изменением температуры), то вязкость структурированных систем изменяется даже при постоянной температуре в несколько раз в зависимости от значения внешних сил, действующих на систему. Вязкость зависит от значения напряжения сдвига системы или скорости сдвиговых деформаций. Под действием внешних

сил (виброуплотнения) происходит как бы разрыхление первоначальной структуры, ослабляются связи между ее отдельными элементами, и в результате возрастает способность системы к деформациям (течению), увеличивается ее подвижность.

Вязкость бетонной смеси стабилизируется через 10 – 20 минут после виброуплотнения (см. рис. 2). [3]

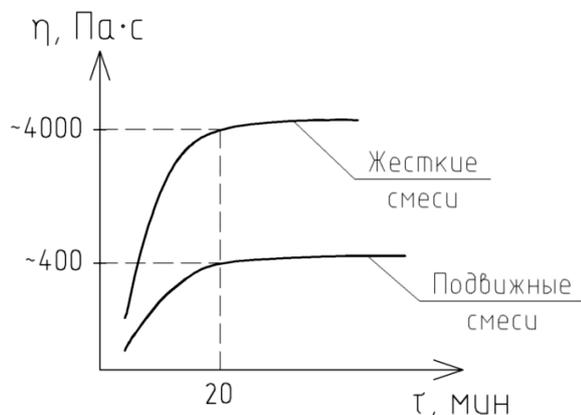


Рис.2. - Изменение вязкостей бетонных смесей после виброуплотнения

С увеличением вязкости боковое давление смеси уменьшается. Поэтому давление нужно определять сразу после виброуплотнения, пока вязкость минимальна (тогда давление будет максимальное).

Характеристика вязкости больше подходит для Ньютоновских жидкостей. Исследованиями К.Н. Кима было установлено, что жесткая бетонная смесь, подвергаемая даже интенсивному вибровозбуждению, не должна рассматриваться как тяжелая вязкая жидкость. Только подвижные бетонные смеси при вибровоздействии могут быть рассмотрены как Ньютоновские жидкости. Присутствие дисперсного армирования в фибробетоне усложняет определение его реологических характеристик с помощью вязкости. [3]

Для определения вязкости жидкостей используются сложные приборы – пластометры и вискозиметры, к сожалению малодоступные для производства. Для определения вязкости в жидкость помещают цилиндр или лопасть (ротатор), которые приводятся во вращение. Суть опыта состоит в измерении крутящего момента при заданной угловой скорости или измерении угловой скорости при заданном крутящем моменте. По полученным значениям потом ведут дальнейшие расчеты, на основании которых вычисляют вязкость.

В настоящее время разработаны методики и приборы для оценки всех реологических характеристик бетонной смеси. Специально разработанные в НИИЖБ приборы позволяют всесторонне исследовать бетонные смеси, растворы и цементное тесто. Одним из основных приборов этой методики является ротационный вибровискозиметр. Но, сталефибробетонные смеси на данных приборах исследовать с достаточной точностью нельзя. При внедрении в сталефибробетонную смесь коаксиального цилиндра или лопасти произойдет раз-

движка фибры или лопасть вообще не войдет в смесь. При определении характеристик смеси будут в основном регистрироваться свойства бетонной матрицы, а не сталефибробетонной смеси.

В совокупности вязкость и жесткость не однозначно характеризуют реологические свойства смесей, так как зависят от характеристик составляющих компонентов. И при одной и той же жесткости наблюдаются разные значения вязкостей.

Исследуя реологическую модель, обычно стремятся отразить в ней наиболее характерные свойства рассматриваемого материала, основываясь при этом на экспериментальных данных. Существует много схем реологических моделей, но в своей основе они базируются на модели Бингама. Неподвергаемая вибровоздействию бетонная смесь при сдвиговых деформациях может быть описана уравнением Шведова-Бингама [4]:

$$\tau = \theta + \eta \cdot \frac{dv}{dy}$$

где τ – напряжение сдвига, Па; θ – предельное напряжение сдвига, Па;

η – пластическая вязкость, Па·с; $\frac{dv}{dy}$ – градиент сдвига.

Металлическая фибровая арматура обладает упругопластическими свойствами и может оказывать сопротивление любым нагрузкам, вызывающим деформацию волокон. Благодаря такому свойству, при введении в бетонную смесь фибровая арматура образует внутренний структурный каркас.

При деформации сталефибробетонной смеси сами фибры не деформируются, то есть они не меняют своей первоначальной формы. Данное предположение основывается на экспериментальных данных. После извлечения фибр из приготовленной сталефибробетонной смеси они не имели явной деформации и сохраняли первоначальный вид. Следовательно, действующие нагрузки не вызывают деформации фибр.

В одной из своих работ В. П. Рыбасов приводит схему реологической модели сталефибробетонной смеси, рассматривая процессы, происходящие при смешивании сталефибробетонных смесей. При движении в вязкопластичных средах твердого тела, а именно к таким средам относятся бетонные смеси, так как в технологии приготовления бетонных смесей упругие деформации не рассматриваются, перемещение участков среды происходит только в зоне сдвига, на границе которой градиент скорости равен нулю. Или, говоря иначе, относительные смещения слоев среды не распространяются по всему объему, а гаснут на довольно близких расстояниях. Длина фибры больше глубины фронта деформаций и будет только частично находиться в зоне сдвига. Следовательно, при рассмотрении элементарной площадки, по которой происходит сдвиг и которая пересечена фиброй, на фибру будут действовать силы противоположных направлений и фибра, в центральной части будет работать на срез.

При сдвиговых деформациях смеси фибра будет препятствовать перемещению слоев смеси

относительно друг друга. Причем, на фибру будут действовать силы, пропорциональные частям фибры находящимся в противоположных слоях смеси. Так как фибра не деформируется, то она будет продвигаться с одним из слоев смеси и ее можно рассматривать как гибкий стержень, заземленный в слое смеси, в котором находится большая часть длины фибры. Меньшая часть длины фибры будет продвигаться в противоположном слое смеси и деформировать его, причем деформации будут происходить на площади равной проекции фибры на фронтальную плоскость (плоскость перпендикулярную направлению сдвига). Таким образом, при деформации сталефибробетонных смесей необходимо приложить дополнительные силы для преодоления сопротивления фибр, причем величина дополнительных сил будет пропорциональна половине площади от суммы проекций всех фибр (пересекающих элементарную площадку) на фронтальную плоскость мы получаем, что

$$\tau_{ф.с.} = \tau_{м.} \cdot (1 + \gamma \cdot \Delta S)$$

Где $\tau_{ф.с.}$ – напряжение сдвига фибробетонной смеси, Па; $\tau_{м.}$ – напряжение сдвига исходной бетонной смеси (матрицы) определяемое по уравнению Шведова-Бингама, Па; γ – коэффициент, учитывающий взаимодействие фибры с матрицей; ΔS – дополнительная площадь действия сдвиговых напряжений.

Дополнительная площадь определяется как полусумма проекций фибр и зависит от количества фибр, пересекающих произвольную площадку в сталефибробетоне. Это количество фибр определено в работах В.К. Кравимскиса, аналогичный результат получен В.П. Романовым и В.П. Вылегжаниным. Окончательна формула, характеризующая напряжения сдвига в сталефибробетонной смеси примет вид:

$$\tau_{ф.с.} = \tau_{м.} \cdot \left(1 + \frac{\gamma \cdot \mu \cdot l}{4 \cdot d}\right)$$

Где μ – коэффициент объемного армирования фиброй; l – длина стальной фибры, мм; d – номинальный диаметр стальной фибры, мм.

Таким образом, напряжения сдвига пропорциональны объемному содержанию фибровой арматуры и зависят от параметрического модуля $\mu \cdot \frac{l}{d}$. Коэффициент γ учитывает нелинейный характер взаимодействия фибры с матрицей. Также следует отметить, что напряжение сдвига зависит от ряда характеристик бетона матрицы, наиболее важными из которых являются: расход цемента, водоцементное отношение, вид цемента, наличие и вид добавок. Увеличение водоцементного отношения уменьшает предельные напряжения сдвига. Такой же эффект наблюдается и при введении в смесь пластифицирующей добавки.

Исследованием реологических свойств сталефибробетонной смеси также занимался В.Ф. Малышев. Целью одной из его работ являлось установление закономерностей изменения консистенции сталефибробетонной смеси в зависимости

от количества и вида армирующих фибр. Введение стальных волокон в бетонную смесь при постоянном водоцементном отношении приводит к изменению ее реологических характеристик, ухудшает ее обрабатываемость, что определяет особенности формирования сталефибробетонных изделий. Выявление закономерностей позволит назначать формовочное оборудование для изготовления изделий с учетом реологических свойств смеси, управлять процессами уплотнения сталефибробетонной смеси.

При установлении реологической зависимости сталефибробетона Малышевым была принята следующая модель:

$$\tau_{сф.с.} = \tau_{с.с.} \cdot \left(1 + 1,65 \cdot \mu_0 \cdot \frac{l}{d}\right)$$

Где $\tau_{сф.с.}$ – предельное напряжение сдвига сталефибробетонной смеси; μ_0 – объемный коэффициент армирования, l – длина фибр, d – диаметр фибр; $\tau_{с.с.}$ – коэффициент трения;

Полученная формула позволила Малышеву установить, что предельное напряжение сдвига сталефибробетонной смеси зависит не только от параметров армирования, но и от предельного напряжения сдвига бетонной смеси. Снижение величины предельного напряжения сдвига сталефибробетонной смеси, а, следовательно, и улучшение ее формовочных свойств при расчетных величинах армирующих волокон связано с уменьшением показателя пластической прочности бетонной смеси, которое возможно за счет увеличения воды затворения или за счет введения пластифицирующих добавок.

Исследования проводились на приборе для определения физико-механических свойств грунтов. Опыты показали, что экспериментальные значения $\tau_{сф.с.}$ и значения, вычисленные по формуле, находятся в пределах погрешности опыта, коэффициент трения увеличивается незначительно при μ_0 до 1,5%.

Интересным, с точки зрения зависимости давления на вертикальные стенки от параметров вещества, является исследование давления засыпки на стенки силоса. Одно из решений в определении нормальных давлений на стенки цилиндрического силоса бесконечной глубины было получено Р. Негре. На рис.6. в безразмерных координатах $q_x/(\gamma \cdot R)$ показаны эпюры давлений для разных значений угла внутреннего трения ϕ сыпучего тела при углах трения его о стенку $\phi_0 = \phi/2$.

Также Р. Негре исследовал изменение давления от величины угла трения сыпучего тела о стенку при постоянном угле внутреннего трения. Если сопоставлять эти зависимости с распределением бокового давления бетонных смесей, то влиянием трения смеси о стенку можно пренебречь по ряду причин:

- бетонная смесь тиксотропна (при уплотнении вибраторами ее свойства приближаются к свойствам ньютоновским жидкостям);
- в бетонной смеси присутствует жидкая составляющая, которая уменьшает ее трение о стенку;

- поверхность опалубки перед бетонированием смазывают различными составами, которые уменьшают ее сцепление с затвердевшим бетоном.

Влияние же угла внутреннего трения на боковое давление следует учитывать при описании реологических характеристик сталефибробетона.

В этой же области Б. А. Петровым была проведена серия опытов по исследованию давления на стенки силоса при заполнении его сухим цементом. Одни опыты были проведены со свежемолотым цементом, а другие – с цементом, который предварительно вылеживался в мешках два-три месяца после помола. Модель загружали цементом равномерно и непрерывно. Боковое давление на стенку силоса свежемолотой смеси нарастало интенсивнее, чем у предварительно вылеженного. Это объясняется разницей в модуле упругости: свежемолотый цемент обладает большей сжимаемостью, следовательно, у него был меньший модуль упругости.

Такой же эффект должен наблюдаться при сравнении величины бокового давления бетонных

и сталефибробетонных смесей. Наличие дисперсного армирования повышает модуль упругости смеси, следовательно, должно уменьшать интенсивность бокового давления.

Все полученные данные будут учтены при опрелделении опытным путем реологических характеристик заданного состава смеси при продолжении исследования в данной сфере.

Библиографический список

1. Опалубочные системы для монолитного строительства: Учебное издание.– М.: Издательство АСВ, 2005. – 280с.
2. Современные строительные технологии: монография. Под редакцией С.Г. Головнева. Челябинск. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
3. Курбатов, Л. Г. Особенности проектирования и технологии изготовления сталефибробетонных конструкций / Л. Г. Курбатов, И. А. Лобанов. – Л.: ЛДНТП, 1978. – 26 с.
4. <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-176-tehnologia-betona/36.htm>

УДК 693.557

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИТЕПЛООВОЙ ОБРАБОТКЕ

THERMAL STRESSES IN A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE STRUCTURES DURING THE HEAT TREATMENT

Кучин В.Н., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Разработана программа для расчета температуры, прочности бетона, температурных напряжений и деформаций по сечению конструкции. Предложены параметры тепловой обработки, обеспечивающие благоприятное термонапряженное состояние конструкции. Определены значения удельной мощности нагревателей опалубки.

Abstract. Developed a program for calculating the temperature, the strength of concrete, thermal stress and strain over the cross section of the structure. The proposed parameters of thermal processing, provide favorable thermostress condition of the structure. The calculated values of power density of the heater casing.

Ключевые слова: Монолитный бетон, комбинированный способ, тепловая обработка, температурные напряжения, термонапряженное состояние, нагреватель, удельная мощность.

Keywords: Monolithic concrete, combined method, heat treatment, temperature voltage, thermostress condition, heating element, specific power.

Повышение темпов роста строительного производства при обеспечении качества конструкций зданий является актуальной задачей. Решение такой задачи возможно путем расширения сырьевой базы бетонов за счет использования отходов промышленности. Примером этого могут служить шлакощелочные бетоны, область применения которых – производство сборных бетонных и железобетонных конструкций (фундаментных блоков, плит перекрытий и др.), возведение монолитных несущих конструкций зданий (колонн, стен, плит перекрытий).

В зимнее время для выдерживания монолитных конструкций из шлакощелочных бетонов можно рекомендовать методы, которые позволяют повысить температуру бетона до 40-80 °С.

Одним из эффективных способов тепловой обработки монолитных конструкций из шлакощелочных бетонов является комбинированный спо-

соб. Он включает предварительный разогрев бетонной смеси в емкости, укладку в опалубку, периферийный обогрев с использованием греющей опалубки. По сравнению с предварительным разогревом при использовании комбинированного способа меньше температурный перепад по сечению конструкции, а, значит, и температурные напряжения. Можно исключить возможность замерзания периферийных зон, углов конструкции [4].

Важным показателем при тепловой обработке бетона являются температурные напряжения, возникающие по сечению конструкции. Если температура бетона постоянна по сечению конструкции, напряжения не возникают. В зимнее время при тепловой обработке распределение температур по сечению конструкции неравномерное. Благоприятное термонапряженное состояние бетонный массив приобретает при использовании метода предварительного разогрева, когда температура бетона

в центре конструкции больше, чем на периферии. В этом случае после набора прочности и последующем выравнивании температур по сечению центр стремится уменьшить свои размеры больше, но крайние зоны препятствуют этому. Поэтому центр находится в состоянии растяжения, а крайние зоны на периферии сжаты. В сжатом бетоне меньше вероятность возникновения трещин, дефектов [5].

Нами проведены исследования влияния различных факторов на физико-механические свойства шлакощелочных бетонов. Установлено, что величина коэффициента линейного температурного расширения бетона зависит от расхода шлака и находится в пределах $(0,76-1,25) \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$. Величина прочности шлакощелочного бетона на растяжение на 10-25 % больше, чем у бетона на портландцементе. Получены зависимости модуля упругости шлакощелочного бетона от состава и условий выдерживания.

Была разработана компьютерная программа для расчета температуры, прочности бетона, температурных напряжений и деформаций по сечению конструкции. Моделировались следующие способы тепловой обработки: предварительный разогрев, периферийный обогрев в греющей опалубке, комбинированный способ, включающий разогрев и последующий обогрев.

Для определения напряжений в точке X поперечного сечения конструкции пользовались выражением

$$\sigma_{X,t} = \alpha E (t_{cp,t} - t_{X,t}) / (1-\nu),$$

где $\sigma_{X,t}$ – температурное напряжение в точке X в момент времени t, Мпа,

α – коэффициент линейного температурного расширения бетона, $1/^\circ\text{C}$,

E – модуль упругости бетона, Мпа,

$t_{cp,t}$ – средняя температура бетона по сечению конструкции в момент времени t, $^\circ\text{C}$,

$t_{X,t}$ – температура бетона в точке с координатой X в момент времени t, $^\circ\text{C}$,

ν – коэффициент Пуассона.

В ходе вычислений рассматривалось влияние следующих факторов: вид вяжущего – шлакощелочное и клинкерное; модуль поверхности конструкции – 3, 4, 6,7, 10 м^{-1} ; температура разогрева бетонной смеси – от 40 до 80 $^\circ\text{C}$; коэффициент теплопередачи опалубки от 1 до 5 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; температура наружного воздуха – от минус 5 до минус 30 $^\circ\text{C}$; удельная мощность нагревателей греющей опалубки – от 25 до 400 $\text{Вт}/\text{м}^2$.

При проведении вычислений анализировали, как изменяются технологические параметры: температура и прочность бетона, напряжения, возникающие по сечению конструкции, уровень напряжений.

После укладки в опалубку разогретой бетонной смеси периферийный обогрев рекомендуется начинать не сразу, а после окончания иррегулярного периода остывания. Этот период длится от 4 до 20 часов в зависимости от массивности конструкции.

После окончания иррегулярного периода остывания начинают обогрев с периферии. Удельную мощность нагревателей опалубки сначала назначают минимальной (25 $\text{Вт}/\text{м}^2$). На каждом времен-

ном шаге проверяют выполнение следующих условий:

1) $t_x < t_{\text{max}}$, где t_x – температура бетона в заданной точке с координатой X, t_{max} – допустимая температура нагрева бетона;

2) $\sigma_{p,x} < R_{t,x}$ – растягивающие напряжения в любом сечении не должны превышать прочность бетона на растяжение.

Напряжения в бетоне появляются после того, как он приобретает свойства упругого тела. Бетон приобретает упругие свойства при достижении прочности 22-30 % от R_{28} . Распределение температур по сечению при этом носит название температурной кривой нулевых напряжений. В ходе вычислений установлено, что через 0,5-2 часа после начала обогрева температура наружных слоев конструкции становится выше, чем в центре. Наружные слои стремятся увеличить свои размеры больше, чем внутренние, но последние сдерживают это расширение и находятся, поэтому, в растянутом состоянии. Наружные слои находятся в сжатом состоянии.

Величина растягивающих напряжений в срединной плоскости определяется, главным образом, массивностью конструкции, видом вяжущего и удельной мощностью нагревателей опалубки. Растягивающие напряжения в центре и сжимающие в наружных слоях достигают наибольших значений ко времени окончания обогрева, когда наблюдается наибольший перепад температур по сечению. Величину растягивающих напряжений можно регулировать, задавая определенную мощность теплового потока. Уменьшение мощности нагревателей с 200 до 50 $\text{Вт}/\text{м}^2$ привело к снижению наибольшей величины напряжений с 1,05 до 0,12 МПа.

Наряду с другими показателями при расчете температурных и прочностных полей проводилось определение уровня напряжений σ_p/R_t – величины, равной отношению растягивающих напряжений в рассматриваемом сечении к прочности бетона на растяжение в этом сечении в этот же момент времени. Характер изменения уровня напряжений определяется массивностью конструкции и мощностью нагревателей опалубки.

Для конструкций с модулем поверхности 3 м^{-1} и 6,7 м^{-1} характер изменения уровня напряжений σ_p/R_t приведен на рис. 1. Резкий рост величины σ_p/R_t в первые 2-4 часа с начала обогрева объясняется относительно небольшой скоростью роста прочности бетона на растяжение за этот промежуток времени. При обогреве конструкции с модулем поверхности 6,7 м^{-1} нагревателями мощностью 300 $\text{Вт}/\text{м}^2$ уровень напряжений близок к критическому и составляет 0,95. Поэтому следует обоснованно подходить к назначению мощности нагревателей опалубки.

Наибольший температурный градиент возникает в наружных слоях, прилегающих к греющей опалубке. Его величина не остается постоянной в процессе обогрева: в его начале она растет быстрее, к окончанию обогрева медленнее с последующей стабилизацией. Как показали результаты расчета, величина максимального температурного градиента зависит в незначительной степени от массивности конструкции, начальной температуры бетона, условий теплообмена с окружающей сре-

дой, а определяется удельной мощностью теплового потока от нагревателей опалубки и видом вя-

жущего (рис. 2). Эта зависимость близка к линейной.

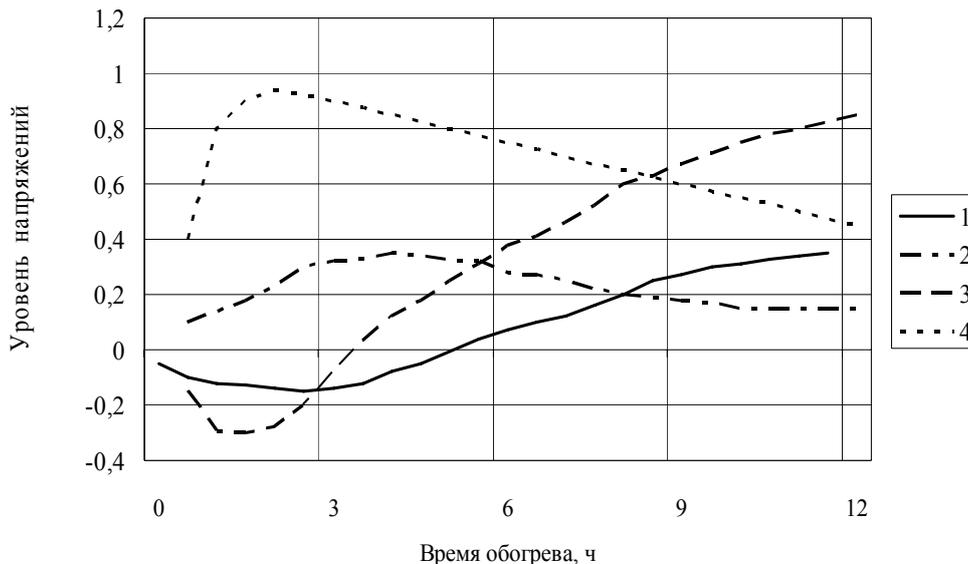


Рис. 1 – Уровень напряжений в центре при обогреве конструкций с модулем поверхности 3 м⁻¹ (кривые 1 и 3) и модулем поверхности 6,7 м⁻¹ (кривые 2 и 4); 1, 2 – удельная мощность нагревателей опалубки 100 Вт/м², 3, 4 – удельная мощность нагревателей опалубки 300 Вт/м²

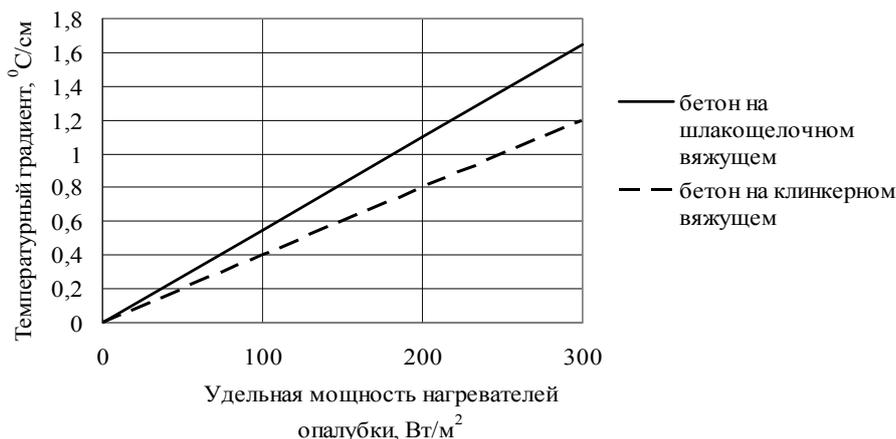


Рис. 2 – Зависимость максимального температурного градиента от удельной мощности нагревателей опалубки

При одинаковой мощности нагревателей 300 Вт/м² температурный градиент в конструкции из шлакощелочного бетона достигает 1,7 °С/см, для бетона на клинкерном вяжущем эта величина составила 1,2 °С/см. Как видно из рис. 2, при одинаковой мощности теплового потока величина температурного градиента для шлакощелочного бетона примерно в 1,4 раз больше, чем для бетона на портландцементе.

По нашему мнению, это можно объяснить тем, что у последних величина коэффициента теплопроводности больше (2,4 против 1,5 Вт/(м²·°С)), и распространение тепла в них происходит с большей скоростью. Выравнивание температуры происходит за более короткий срок, и, значит, температурный градиент бетонов на клинкерном вяжущем при равных условиях обогрева будет ниже.

В соответствии с требованиями СНиП при использовании в зимнее время методов электропрогрева, обогрева в греющей опалубке скорость подъ-

ема температуры бетона должна быть не более 5-10 °С/ч [1]. Если перед укладкой в опалубку смесь предварительно разогреть, можно уменьшить перепад температур бетона по сечению конструкции. При этом уменьшаются температурные напряжения. Это позволяет назначать более высокую скорость подъема температуры на поверхности конструкции. Рекомендуемые значения скоростей подъема температуры находятся в пределах 15-20 °С/ч [2, 3].

Продолжительность возведения монолитных конструкций при использовании комбинированной тепловой обработки уменьшается на 25-30 % за счет сокращения времени выдерживания бетона в опалубке (по сравнению со способом периферийного обогрева). Экономический эффект складывается из снижения затрат на организацию и выполнение температурного контроля, утепление, электроэнергию. Затраты на электроэнергию по сравнению со способом электропрогрева снижаются на 10-20 %.

Библиографический список

1. СП 70.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. – М.: Минрегион России, 2012. – 280 с.
2. Гныря, А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях: учебное пособие / А.И. Гныря, С.В. Коробков. – Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2011. – 412 с.
3. Технология бетонных работ в зимнее время: учебное пособие / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 70 с.
4. Технология бетонных работ: учебное пособие / А.С. Стаценко. – Минск: Высшая школа, 2006. – 239 с.
5. Технология строительных процессов: учебник для вузов по специальности «Промышленное и гражданское строительство»: в 2 ч. / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лapidус. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 2006. – Ч. 2. – 390 с.

УДК 693.5

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ INTENSIFICATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES WINTER CONCRETING OF MONOLITHIC BUILDINGS

Мозгалёв К.М., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Сформулированы комплексные принципы интенсификации технологических процессов зимнего бетонирования монолитных зданий, обеспечивающих сокращение сроков строительства и повышение качества и безопасности монолитных конструкций. Установлены зависимости максимально допустимых параметров зимнего бетонирования от прочности бетона на сжатие в процессе его выдерживания. Определено, что минимально допустимая («критическая») прочность самоуплотняющихся бетонов к моменту замораживания меньше по сравнению с обычными вибрированными бетонами аналогичного класса по прочности на сжатие.

Abstract. Principles formulated comprehensive intensification of technological processes of winter concreting of monolithic buildings that reduce construction time and the quality and safety of monolithic structures. The dependences of the maximum permissible parameters of winter concreting of tightly-of concrete compressive strength in the process of aging. Determined that the minimum allowable ("critical") the strength of self-compacting concrete to freezing point less in comparison with conventional vibrated concrete of the same class on the compressive strength.

Ключевые слова: монолитные здания, зимнее бетонирование, технологические процессы, интенсификация, технико-экономическая эффективность, самоуплотняющийся бетон, качество и безопасность.

Keywords: monolithic buildings, winter concreting, technological processes, intensification, technical and economic efficiency, self-compacting concrete, quality and safety.

В России, как и во многих развитых зарубежных странах, наблюдается рост объемов строительства из монолитного бетона и железобетона. С каждым днём становится всё более очевидно, что возведение монолитных зданий является одним из основных трендов развития промышленного и гражданского строительства.

С целью повышения эффективности инвестиционных строительных проектов, а также обеспечения ускоренных сроков ввода в эксплуатацию объектов капитального строительства появляется необходимость круглогодичного производства работ, в том числе в экстремальных условиях. Несомненно, что это приводит к резкому увеличению объемов зимнего бетонирования.

На сегодняшний день законодательная база технического регулирования (федеральные законы Российской Федерации № 184-ФЗ от 27 декабря 2002 года «О техническом регулировании», № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений») устанавливает к зданиям на всех этапах жизненного цикла повышенные требования качества, механической и других видов безопасности.

Качество и безопасность монолитных железобетонных конструкций, возводимых в зимних условиях, главным образом зависят от технологий производства работ и соблюдения в процессе производства работ требований нормативных документов в области зимнего бетонирования и разработанной на их основе проектной и рабочей документации [1].

Выполненный анализ существующих технологий зимнего бетонирования и практического опыта выявил основные недостатки технологических процессов, влияющих на безопасность несущих конструкций, такие как преждевременное замораживание бетона по краям конструкции, недостоверный контроль температурно-прочностных параметров бетона, отсутствие необходимых данных о современных составах самоуплотняющихся бетонов и так далее.

Для интенсификации технологических процессов зимнего бетонирования, а также повышения качества и безопасности монолитных зданий сформулированы следующие комплексные принципы:

– применение самоуплотняющихся бетонов, имеющих преимущества перед обычными вибрированными бетонами;

– раздельная термообработка бетона центральных и периферийных зон монолитных конструкций;

– контроль и оценка прочности бетона по его температуре в процессе выдерживания;

– контроль и оценка температурных параметров зимнего бетонирования, влияющих на качество бетона, в процессе его выдерживания.

Самоуплотняющийся бетон имеет ряд организационно-технологических и экономических преимуществ перед обычными вибрированными бетонами, таких как:

– сокращение сроков строительства и увеличение показателей эффективности инвестиционных строительных проектов;

– высокие параметры качества и безопасности монолитных железобетонных конструкций каркаса здания;

– снижение трудоёмкости бетонных работ [2].

Для уменьшения негативного влияния неравномерного распределения температур бетона по сечению конструкции разработана технология раздельной термообработки бетона центральных и периферийных зон монолитных конструкций. Сущность данной технологии заключается в термообработке бетона центральных и периферийных зон монолитных конструкций по различным режимам, обеспечивающим достижение бетоном требуемой прочности в ответственных зонах конструкций.

Качество и безопасность монолитных конструкций, выдерживаемых в зимних условиях, обеспечиваются контролем и оценкой прочности бетона и температурных параметров зимнего бетонирования, таких как перепад температуры по сечению бетона, разность температур наружного воздуха и бетона при распалубке, скорость остывания бетона.

Проведённые натурные исследования показали, что в большинстве случаев прочность бетона монолитных конструкций, выдерживаемых в зимних условиях, определяется по контрольным образцам, изготовленным у места укладки бетонной смеси, а также с помощью методов неразрушающего контроля. Однако различные условия выдерживания контрольных образцов и конструкции, а также ограниченное применение приборов неразрушающего контроля прочности в зимних условиях приводят к значительным погрешностям. Следовательно, единственным и основным источником исходной информации является замер температуры на всех этапах технологического цикла выдерживания бетона [3].

Для практической реализации температурно-прочностного контроля бетона в зимних условиях по результатам проведённых исследований сделаны рекомендации о необходимых местах размещения и количестве точек замера температур в распространённых монолитных конструкциях [4].

С целью повышения качества и безопасности монолитных конструкций за счёт увеличения точности и достоверности контроля и прогнозирования температурно-прочностных параметров зимнего бетонирования разработана система компьютерного контроля, основанная на получении температур-

ных данных многоканальным регистратором «Терем» и дальнейшей их компьютерной обработке программой «Снежный барс» [5].

В процессе выдерживания монолитных конструкций и при их распалубке в зимних условиях, когда бетон уже обладает достаточно высокой прочностью и его упругие характеристики соответствуют свойствам упругого твёрдого тела, формируются растягивающие температурные напряжения. Таким образом, максимально допустимые значения температурных параметров зимнего бетонирования определяются исходя из возможности работы бетона на растяжение [6].

Нормативные документы в области зимнего бетонирования, в частности СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции» и его актуализированная редакция СП 70.13330.2012, устанавливают допустимые величины разности температур наружного воздуха и бетона при распалубке и скорости остывания бетона монолитных конструкций.

Однако указанные требования не учитывают изменения расчётного сопротивления бетона на осевое растяжение в процессе его твердения. Следовательно, бетон монолитных конструкций в определённый момент времени набора прочности может воспринимать различные температурные напряжения.

Выполненные расчётные исследования влияния термонапряжённого состояния на параметры зимнего бетонирования и проведённые натурные эксперименты на строительных площадках позволили установить максимально допустимые величины температурных перепадов по сечению конструкции, между наружными слоями бетона и воздуха при распалубке, скорости остывания бетона в зависимости от прочности бетона на сжатие в процессе его выдерживания.

Для удобства практического применения полученные зависимости представлены в графической форме (рисунки 1 – 2).

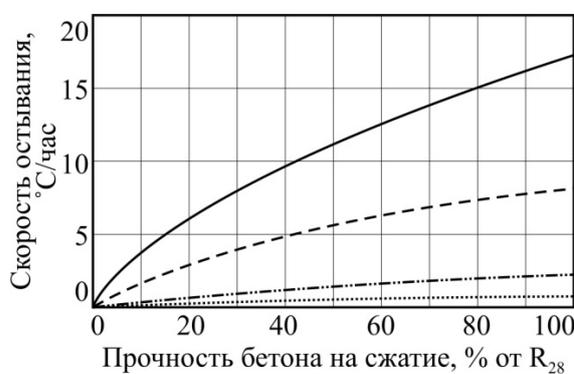
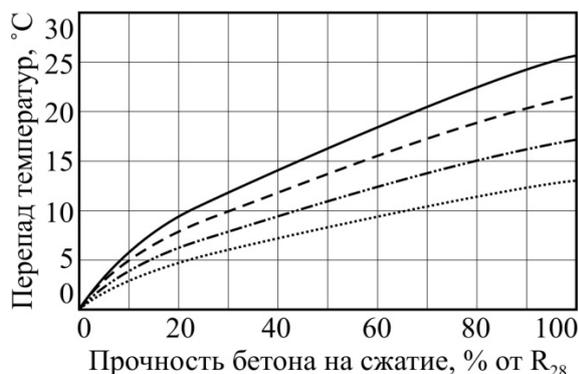
Данные, представленные на рисунках 1 – 2, отражают максимально допустимые величины температурных параметров зимнего бетонирования в зависимости от прочности бетона на сжатие по соображениям трещиностойкости бетона, ниже которых температурные напряжения не достигают опасных значений. Указанные величины установлены для наиболее распространённых на практике значений массивности конструкций и коэффициентов армирования.

По результатам экспериментального исследования влияния отрицательных температур на физико-механические свойства и структуру самоуплотняющихся бетонов были получены значения минимально допустимой («критической») прочности таких бетонов к моменту замораживания в зависимости от класса по прочности на сжатие или величины проектной прочности.

Исходя из того, что значительная продолжительность строительства приводит к экономической неравноценности возникающих в процессе реализации инвестиционного строительного проекта затрат и доходов, провести количественную сравнительную технико-экономическую оценку возможно исключительно с учётом фактора времени, то есть дисконтирования [7]. Полученные в хо-

де компьютерного имитационного моделирования инвестиционных строительных проектов данные позволяют сделать вывод, что практическая реализация разработанных интенсивных технологий зимнего бетонирования монолитных зданий с применением самоуплотняющихся бетонов позволяют улучшить основные показатели эффективности инвестиционных строительных проектов, а именно: уменьшить сроки и трудоемкость строительства на

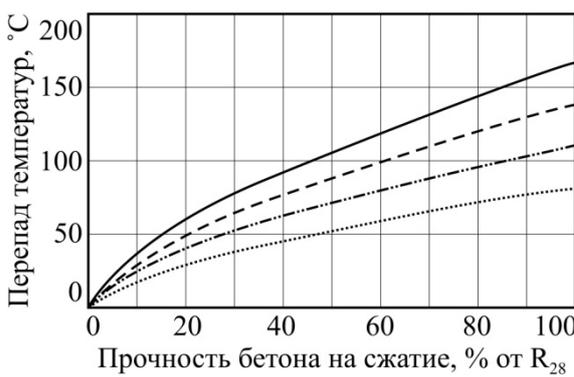
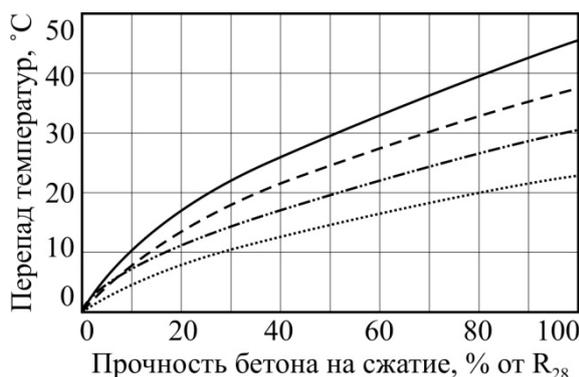
15 – 20 %, уменьшить период окупаемости на 10 – 15 %, увеличить чистый дисконтированный доход на 14 – 19 %, увеличить индекс прибыльности на 5 – 8 %. Это происходит за счёт уменьшения сроков реализации инвестиционных строительных проектов, постоянных издержек строительства и более ранних поступлений денежных средств с учётом финансовой реализуемости инвестиционного строительного проекта.



Армирование 0 % Армирование 1 % ----
Армирование 2 % -- Армирование 3 % —

M_н=2 м⁻¹ M_н=5 м⁻¹ ----
M_н=10 м⁻¹ ---- M_н=15 м⁻¹ —

Рис. 1 – Максимально допустимые температурные перепады по сечению конструкции и скорости остывания бетона



Армирование 0 % Армирование 1% ----
а) модуль поверхности конструкции 2 м⁻¹

Армирование 2 % -- Армирование 3 % —
б) модуль поверхности конструкции 15 м⁻¹

Рис. 2 – Максимально допустимые перепады температур между поверхностью бетона и окружающим воздухом при распалубке

Таблица 1 - Минимально допустимая («критическая») прочность бетонов из самоуплотняющихся смесей к моменту замораживания

Класс бетона по прочности на сжатие	Проектная прочность бетона R _{пр} , МПа	Минимально допустимая («критическая») прочность к моменту замораживания, % от R _{пр}
B30	42 – 44	не менее 20
B35	45 – 50	не менее 18
B40	51 – 54	не менее 17

Библиографический список

1. Головнев, С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 148 с.
2. Мозгалёв, К.М. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства / К.М. Мозгалёв, С.Г. Головнев // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – Вып. 4. – С. 70 – 74.
3. Современные строительные технологии: монография / под редакцией С.Г. Головнева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
4. Пикус, Г.А. Оценка необходимого количества контрольных температурных точек при выдерживании

- монолитных плитных конструкций в зимнее время / Г.А. Пикус, К.М. Мозгалёв // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – Вып. 3. – С. 82 – 83.
5. Мозгалёв, К.М. Компьютерный контроль и регулирование процессов выдерживания бетона в зимних условиях / С.Г. Головнев, Г.А. Пикус, К.М. Мозгалёв, С.А. Савинов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2010. – Вып. 2. – С. 75 – 78.
 6. Красновский, Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования / Б.М. Красновский. – Москва: Изд-во ГАСИС, 2007. – 512 с.
 7. Мозгалёв, К.М. Эффективность применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях // К.М. Мозгалёв, С.Г. Головнев, Д.А. Мозгалёва // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Т. 14. – № 1. – С. 33 – 37.

УДК 660.97

ИСТИРАЕМОСТЬ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ABRASION MAGNESIA MORTARS

Киянец А.В., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Приведены бетонные конструкции испытывающие интенсивные истирающие нагрузки в процессе эксплуатации. Рассмотрен вопрос применения в этих конструкциях бетонов и растворов на основе магнезиального вяжущего. Показано влияние различных факторов на истираемость магнезиальных растворов.

Abstract. Given concrete structures experiencing intense abrasive load during operation. The question of the application of these structures in concrete and mortars on the basis of magnesia binder. The effect of different factors on the abrasion magnesium solutions.

Ключевые слова: магнезиальное вяжущее, магнезиальный бетон, магнезиальный раствор, истираемость, износостойкость.

Keywords: magnesia binder, magnesia concrete, magnesia solution, abrasion, and wear

Во время эксплуатации зданий и сооружений на них действует ряд нагрузок, одной из которых является истирающая нагрузка, особенностью которой является воздействие абразивных составов на поверхностные слои конструкции с последующим их разрушением. Часто это приводит к тому, что конструкция, сохраняя свою целостность и несущую способность, не может дальше эксплуатироваться из-за неудовлетворительного состояния поверхности, или продукты разрушения бетона, попадая в окружающую среду препятствуют протеканию технологических процессов и угрожают здоровью людей. В этом случае требуется решить вопрос износостойчивости материала, под которой мы понимаем его сопротивление воздействию истирающей нагрузки с сохранением физико-механических характеристик.

На сегодняшний день можно выделить ряд строительных конструкций испытывающих в процессе эксплуатации наибольшие истирающие нагрузки, которые можно подразделить по назначению на несколько групп:

- конструктивные элементы зданий – полы, лестницы, ступени, марши, площадки;
- элементы дорожной инфраструктуры – дороги, парковки, аэродромы, тоннели, переходы;
- подземные и надземные емкости – резервуары, отстойники, опускные колодцы, градирни, бункеры силосы;
- гидротехнические сооружения – плотины, водоопускные сооружения, морские и речные причалы, опоры мостов, морские буровые платформы;
- системы водоотведения – каналы, коллекторы, трубы.

В зависимости от области применения зданий и сооружений, природа истирающих на грузок может быть различна: воздействие подошв обуви от прохождения людей, от колес проезжающего транспорта, волочения различных грузов, протекание воды и других жидкостей с содержанием абразивного материала, льда и т.д.

Для защиты от данного вида нагрузок в соответствующих конструкциях применяют износостойчивые составы бетонов и растворов. В частности магнезиальный раствор (мелкозернистый бетон), обладая рядом таких преимуществ, как высокая прочность и удобоукладываемость нашел в настоящее время широкое применение как материал для устройства монолитных полов [1]. Как будет работать данный материал под воздействием истирающих нагрузок, и можно ли его применять в других конструкциях подверженных износу – вот вопрос, на который необходимо ответить.

Почти все конструкции, о которых говорилось выше, эксплуатируются под различной степенью воздействия воды, соответственно, возникает вопрос исследования совместного воздействия истирания и повышенной влажности на материал. Особенно это актуально для магнезиального вяжущего, которое, как известно, является вяжущим воздушного твердения, и обладает низкой водостойкостью.

Решением проблемы водостойкости магнезиального вяжущего занимался целый ряд ученых, и определенные успехи были достигнуты при его модифицировании комплексными минеральными добавками [2]. Благодаря этим добавкам, удалось получить бетоны и растворы с коэффициентом размягчения (коэффициентом водостойкости) более 0,9. Однако, оставалось неизвестным, как поведет

себя материал под воздействием истирания, когда зерна абразива вскрывают монолит материала, тем самым нарушая плотную упаковку зерен заполнителя, и обеспечивают доступ воды к магнезиальному вяжущему во внутренних слоях затвердевшего раствора. Для этого был проведен эксперимент, целью которого было определить истираемость магнезиального раствора, в зависимости от состава и влажностных условий эксплуатации.

Истираемость определялась по потере массы на единицу площади с помощью круга истирания ЛКИ-3, по методике, изложенной в ГОСТ 13087-81 «Бетоны. Методы определения истираемости». Для эксперимента применялось модифицированное магнезиальное вяжущее.

Результаты эксперимента отражены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты эксперимента по исследованию истираемости магнезиального раствора выдерживаемого в различных влажностных условиях

№	Условия выдерживания образца	Крупность заполнителя (песка), мм	Цементно-песчаное отношение	Истираемость, г/см ²	
1	на воздухе	Без заполнителя		0,551	
	в воде			2,920	
2	на воздухе	<0,315	1:1	0,122	
	в воде			1,020	
3	на воздухе		1:2	0,122	
	в воде			1,230	
4	на воздухе		1:3	0,265	
	в воде			1,560	
5	на воздухе		0,315...0,63	1:1	0,123
	в воде				1,612
6	на воздухе			1:2	0,200
	в воде				2,000
7	на воздухе			1:3	0,275
	в воде				2,650
8	на воздухе	0,63...1,25		1:1	0,075
	в воде				0,875
9	на воздухе			1:2	0,102
	в воде				0,918
10	на воздухе			1:3	0,143
	в воде				1,327
11	на воздухе		1,25...2,5	1:1	0,122
	в воде				1,325
12	на воздухе			1:2	0,120
	в воде				0,408
13	на воздухе			1:3	0,102
	в воде				0,714

При испытании образцов магнезиального раствора на истираемость были получены следующие данные: истираемость магнезиального раствора колеблется от 0,075 до 0,275 г/см² и зависит от расхода магнезиального цемента, крупности зерен заполнителя и прочности магнезиального раствора (рис. 1.). Высокий расход магнезиального цемента способствует снижению истираемости у растворов с крупностью заполнителя менее 1,25 мм, при крупности более 1,25 мм наоборот, понижение расхода магнезиального цемента (но не ниже уровня, необходимого для связывания частиц заполнителя) способствует снижению истираемости.

Такой характер изменения истираемости объясняется различной площадью удельной поверхности у частиц заполнителя различного размера. Чем меньше размер зерна заполнителя, тем меньше площадь его поверхности, а значит меньше зона сцепления заполнителя с вяжущим. Поэтому истираемость мелкозернистых растворов (заполнитель < 1,25 мм) происходит за счет разрушения связывающей прослойки магнезиального цемента между зернами заполнителя и вырывания частиц заполнителя из тела раствора. При крупности заполнителя более 1,25 мм, энергии зерна абразива уже не хватает на вырывание частиц заполнителя и она

расходуется на его разрушение, таким образом истираемость в этом случае происходит счет раз-

рушения и магнезиального цемента и зерен заполнителя.

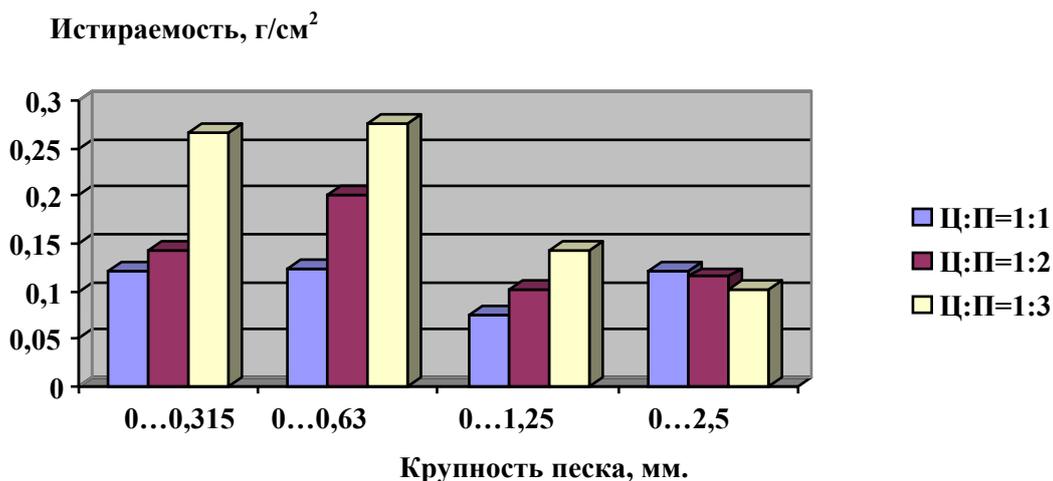


Рис. 1. - Истираемость магнезиального раствора в зависимости от цементно-песчанного отношения и крупности применяемого заполнителя.

На основе полученных данных, и обобщая вышеприведенные рассуждения можно сделать ряд выводов.

1. Повысить истираемость магнезиального раствора можно применяя заполнитель крупности более 1,25 мм уменьшая, или при крупности заполнителя менее 1,25 мм увеличивая содержание магнезиального цемента в смеси.

2. Модифицированное магнезиальное вяжущее не обеспечивает требуемой водостойкости материала при воздействии на него истирающих нагрузок.

3. Применение магнезиальных растворов и бетонов, даже обладающих повышенной водостой-

костью, в конструкциях испытывающих истирающие нагрузки и эксплуатирующихся в воде или в помещениях с повышенной влажностью является нежелательным.

Библиографический список

1. Киянец, А.В. Магнезиальные бетоны и растворы в строительстве / А.В. Киянец, К.В. Дьяков, С.Г. Головнев // Вестник № 2 института «УралНИИпроект» – Екатеринбург: «УралНИИпроект» УРО РААСН, 2009. – С. 6–8.
2. Современные строительные технологии: монография. Под редакцией С.Г. Головнева. Челябинск. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 268 с.

УДК 693.557

УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА SPECIFIC HEAT CAPACITY OF STEEL FIBRE CONCRETE

Пикус Г.А., к.т.н., доцент, Пономарев А.А.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»(национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрен метод определения минимальной массы пробы сталефибробетонной смеси для оценки ее технологических и электрофизических характеристик. Определена удельная теплоемкость сталефибробетона при разных процентах армирования фиброй.

Abstract. The method for determining the minimum mass of the sample mixture steel fibre concrete to assess its technological and electro-physical characteristics. Determined by the specific heat of steel fiber concrete with different percentages of reinforcement fibers.

Ключевые слова: Сталефибробетон, удельная теплоемкость, электропрогрев, масса пробы, фибра, количество теплоты, монолитный бетон.

Keywords: Steel fibre concrete, specific heat capacity, electric heating, the mass of the sample, fiber, the amount of heat, concrete

В последнее время такой материал, как сталефибробетон, в ряде конструкций, практически полностью вытеснил традиционные бетоны (например, в монолитных полах промышленных зданий, устраиваемых по грунту). Внедрение в практи-

ку строительства новых конструктивных материалов требует решения вопросов их круглогодичного применения. В этом плане основной проблемой на территории России является производство работ в зимнее время.

При возведении монолитных конструкций при отрицательных температурах наружного воздуха наиболее часто используется электропрогрев сталефибробетона. Однако, отсутствие данных по многим электрофизическим характеристикам этого материала затрудняет осуществление рационального проектирования технологических параметров зимнего бетонирования. Одной из основных электрофизических характеристик сталефибробетона является его удельная теплоемкость.

Для определения удельной теплоемкости необходимо правильно выбрать объем пробы для испытания. Отбираемые пробы должны быть представительными, чтобы случайные отклонения результатов эксперимента не изменяли общую картину распределения фибр по объему смеси. С одной стороны, чем меньше вес пробы, тем точнее может быть охарактеризовано качество смеси, с другой стороны – уменьшать вес пробы беспредельно нельзя, так как может наступить такой момент, когда недостаточное количество фибр в пробе может сказаться на величине удельной теплоемкости за счет снижения однородности распределения фибр.

Согласно теории смешения сыпучих материалов [1] минимально допустимый вес пробы, то есть вес, обеспечивающий достоверность оценки качества смеси, должен быть:

$$G = \frac{2,1 \cdot 10^3 \cdot d_k^3 \cdot \rho}{c_o},$$

где d_k , ρ , c_o – соответственно диаметр, плотность материала и концентрация ключевого компонента.

При этом считается, что смесь состоит из одного основного и одного или нескольких ключевых компонентов. Компонент смеси, концентрация которого выше остальных считается основным, а все другие компоненты смеси – ключевыми (в нашем случае это стальная фибра). Ключевой компонент,

в этой теории, представляет собой смесь шарообразных частиц одинакового размера и веса.

Приравнивая объем фибры к объему частицы ключевого компонента получим:

$$d_k = 1,5d^2 \cdot l,$$

где d , l – соответственно диаметр и длина фибры.

Таким образом, заменяя плотность ключевого компонента на плотность материала фибры (ρ_{cm}), а его концентрацию на концентрацию фибры в бетоне по массе (μ_m) получим:

$$G = \frac{3,15 \cdot 10^3 \cdot d^2 \cdot l \cdot \rho_{cm}}{\mu_m}.$$

Данная формула определяет минимальный вес пробы, необходимый для оценки удельной теплоемкости сталефибробетона [2]. Значения минимальной массы пробы для некоторых геометрических параметров стальной фибры приведены в табл. 1.

В дальнейших исследованиях была использована фибра резанная из стального листа длиной 25 мм и условным диаметром 0,45 мм. Эксперимент был выполнен на составе бетона класса В20 с водоцементным отношением 0,6. Количество вводимой фибры в бетонную смесь составляло 0%, 0,5%, 1,0% и 1,5% по объему (соответственно 0, 39, 78 и 117 кг фибры на 1 м³ бетона). Приготовленная смесь укладывалась в форму для электропрогрева размерами 300×100×100 мм с последующим уплотнением (масса бетона в форме 7,5 кг). Разогрев смеси осуществлялся электрическим током в течение 10 минут до температуры 80 °С. Столь быстрое время разогрева позволяет исключить влияние экзотермии цемента на результаты исследования.

Таблица 1 - Масса пробы сталефибробетона

Длина фибры, мм	Условный диаметр фибры, мм	Минимальная масса пробы (кг) при содержании фибры в 1 м ³ бетона, кг		
		39	78	117
25	0,45	7,6	3,8	2,6
25	0,7	18,5	9,3	6,2
30	0,45	9,2	4,6	3,0
30	0,7	22,2	11,1	7,4
40	0,45	12,2	6,1	4,1
40	0,7	29,6	14,8	9,9

Параметры тока фиксировались с помощью лабораторных вольтметра и амперметра. Замеры температур выполнялись при помощи хромель-алюмелевых термопар. Для выявления фактической массы фибр в объеме исследуемого образца он подвергался размыванию, после чего фибра была высушена и взвешена.

Количество теплоты внесенной в бетон определялось как мощность тока P необходимая для подъема температуры тела на величину Δt за

промежутков времени τ , и рассчитывалось по формуле

$$Q_{внесу} = \int_0^{\tau} P d\tau.$$

В соответствии с законами физики твердого тела количество теплоты полученной телом массой m при увеличении его температуры на Δt равно

$$Q_{внут} = c \cdot m \cdot \Delta t,$$

где C – удельная теплоемкость тела.

Учитывая, что тепло распределяется не только в сталефибробетон, но и в опалубку, получим:

$$Q_{внут} = Q_{сфб} + Q_{опал}.$$

Таким образом, удельная теплоемкость сталефибробетона определяется по формуле:

$$c = \frac{Q_{внеш} - Q_{опал}}{m \cdot \Delta t}.$$

Усредненные результаты по четырем опытам приведены в табл. 2. Анализ полученных результатов показывает, что введение в состав бетонной смеси стальных фибр приводит к увеличению удельной теплоемкости смеси. Так введение 0,5% фибры увеличивает удельную теплоемкость на 27,7%, а 1,5% фибры – на 49,6% по сравнению с неармированной смесью.

Таблица 2 - Результаты эксперимента по определению удельной теплоемкости сталефибробетона

Исследуемые параметры	Процент армирования фиброй			
	0%	0,5%	1,0%	1,5%
Масса фибры в образце, г	–	115...123	225...236	342...357
Количество внесенной теплоты $Q_{внеш}$, Дж	663231	724956	753690	783408
Количество теплоты поглощенной опалубкой $Q_{опал}$, Дж	119784	117645	138857	212830
Удельная теплоемкость сталефибробетона, кДж/кг·°С	1,049	1,34	1,44	1,57

Рост удельной теплоемкости сталефибробетона требует, при прочих равных условиях, увеличения расстояния между электродами (при электродном прогреве). Это ведет к снижению расхода электродной стали и упрощению коммутации электродов. Одновременно, с увеличением расстояния между электродами, снижается требуемая мощность прогревочного трансформатора и уменьшается сила тока, протекающая через электроды, что способствует снижению сечения подводющих кабелей [3, 4].

Библиографический список

1. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
2. Современные строительные технологии: монография. Под редакцией С.Г. Головнева. Челябинск. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
3. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера / ЦНИИОМТП Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 313 с.
4. Головнев, С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с.

УДК 699.86

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ТОЧЕЧНУЮ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКУЮ НЕОДНОРОДНОСТЬ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУМЕРНЫХ ПОЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ПК ELCUT) METHOD FOR DETERMINING THE SPECIFIC HEAT LOSS THROUGH A POINT HEAT ENGINEERING HETEROGENEITY USING A SOFTWARE COMPLEX FOR MODELING TWO-DIMENSIONAL FIELDS (ILLUSTRATED PC ELCUT)

Рыбаков М.М., аспирант; Русанов А.Е., старший преподаватель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. В статье приведен метод определения удельных потерь теплоты через точечную теплотехническую неоднородность с помощью ПК ELCUT. В качестве точечных теплотехнических неоднородностей выбран гвоздь тарельчатого дюбеля для крепления утеплителя при устройстве навесных фасадных систем.

Abstract. The article presents a method for determining the specific heat loss through a point heat engineering heterogeneity using a PC ELCUT. As a point thermal homogeneities selected nail plate anchors for fixing insulation at the device hinged facade systems.

Ключевые слова: математическое моделирование, теплопередача, коэффициент теплотехнической однородности, приведенное сопротивление теплопередаче.

Keywords: mathematical modeling, heat transfer, the factor of thermotechnical homogeneity, the specified resistance to heat transfer,

Актуализация нормативно-технической базы строительства определила новые методы расчета теплозащиты наружных ограждающих конструкций зданий. Так, согласно [1] при выполнении теплотехнического расчета необходимо проводить моделирование тепловых полей для определения удельных потерь теплоты через линейные и точечные теплопроводности. Программные комплексы для моделирования двумерных тепловых полей позволяют определить потери теплоты от линейных теплопроводностей, но для точечных неоднородностей [1] рекомендует использовать результаты расчета трехмерных тепловых полей.

Программы для расчета трехмерных тепловых полей представляют собой сложные многофункциональные комплексы, использование которых не всегда рационально, особенно с экономической точки зрения. Не все организации могут себе это позволить.

Программы для работы с двумерными полями дают возможность проводить расчет точечных теплотехнических неоднородностей с небольшой погрешностью.

В качестве примера для моделирования был использован ПК ELCUT [2].

Для моделирования был выбран гвоздь тарельчатого дюбеля для крепления утеплителя при устройстве навесных фасадных систем.

Характеристики гвоздя тарельчатого дюбеля:

- длина: $L=160\text{мм}$;

- диаметр: $D=8\text{мм}$;

- материал: сталь (коэффициент теплопроводности $\lambda_d=58\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$).

В качестве основания выбран пеноблок толщиной $\delta_n=300\text{мм}$ плотностью $\rho_n=400\text{кг}/\text{м}^3$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_n=0.15\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. В качестве теплоизоляции выбран минераловатный утеплитель толщиной $\delta_y=100\text{мм}$ плотностью $\rho_y=80\text{кг}/\text{м}^3$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_y=0.041\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$.

Для решения задачи необходимо задать граничные условия второго рода:

1. Температуры:

- внутреннего воздуха $t_e=22^\circ\text{C}$;

- наружного воздуха $t_n=-34^\circ\text{C}$;

2. Коэффициенты теплоотдачи:

- внутренней поверхности $\alpha_e=8,7\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$;

- наружной поверхности $\alpha_n=23\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$.

При создании плоской задачи в ПК ELCUT все создаваемые элементы имеют прямоугольное сечение. Так как гвоздь тарельчатого дюбеля цилиндрической формы, то нужно привести его сечение к эквивалентному квадратному с сохранением площади.

Площадь поперечного сечения гвоздя

$$S_d = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 50.24\text{мм}^2$$

Отсюда, сторона эквивалентного квадратного сечения

$$k = \sqrt{S_d} = \sqrt{50.24} = 7.09\text{мм}$$

Рассчитаем величину тепловых потерь через данный участок стены, но без теплопроводного включения

$$Q = \frac{t_e - t_n}{\frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}} \cdot S = 3.019\text{Вт}$$

Где S – площадь участка стены.

В ПК ELCUT необходимо выполнить расчет участка стены с тарельчатым дюбелем (рис. 1, А). Длина участка стены принимается равной стороне эквивалентного квадратного сечения.

По результатам расчетов (рис. 1, Б) видим, что участок стены состоит из трех условных зон:

а – зона без влияния гвоздя тарельчатого дюбеля;

б – зона влияния гвоздя тарельчатого дюбеля;

с – зона с гвоздем тарельчатого дюбеля.

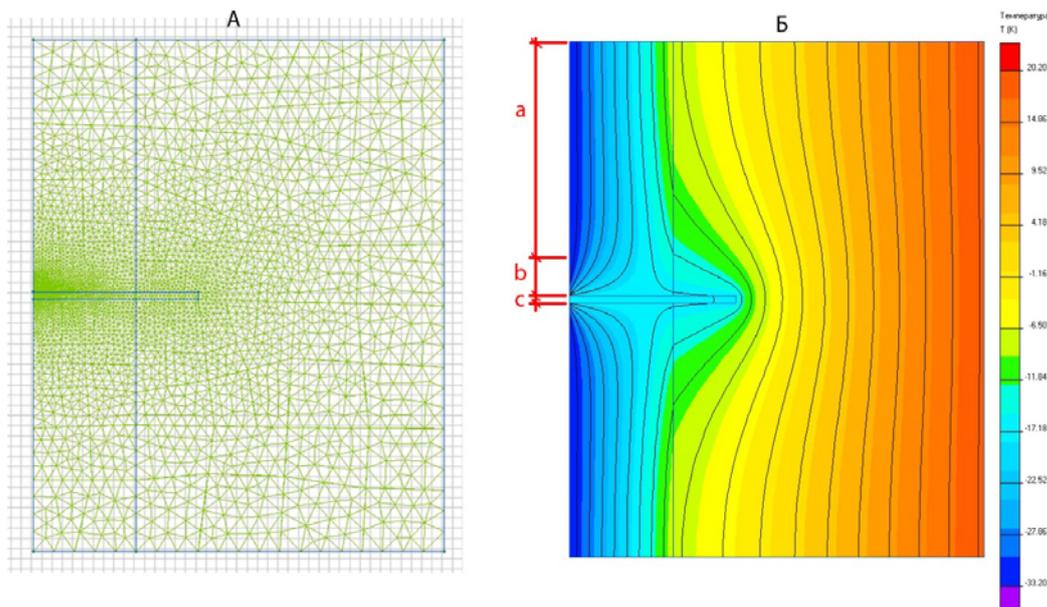


Рис. 1 - Плоская задача: А – сетка конечных элементов; Б – результат решения температурных полей

Так как участок стены квадратный и его центральное горизонтальное сечение совпадает с центральным вертикальным, получаем по результату расчета полей, что тепловые потери через зону с ($l_c=7\text{мм}$):

$$Q_c = 0.058716\text{Вт}$$

Ширина зоны а - $l_a=226\text{мм}$. Для этой зоны тепловые потери рассчитаем как потери через участок стены без теплопроводного включения помноженный на отношение площадей S_a/S , где

$$q_b = \frac{q_a + q_c}{2} = \frac{Q_a / (2 \cdot l_a) + Q_c / l_c}{2} = 7.213\text{Вт/м}, \text{ отсюда}$$

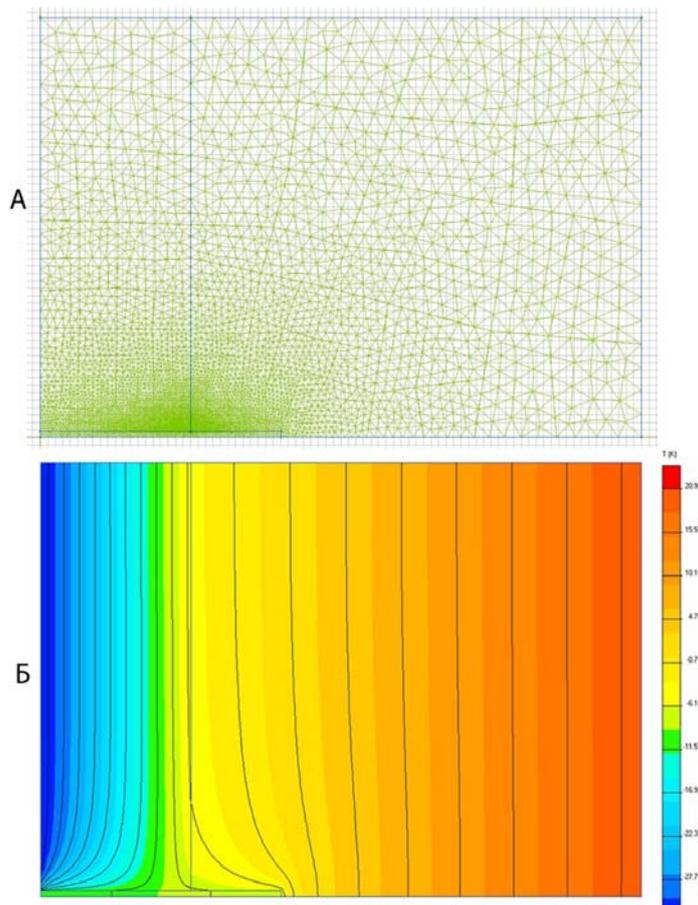


Рис. 2. - Осесимметричная задача: А – сетка конечных элементов; Б – результат решения температурных полей

$$Q_b = q_b \cdot l_b \cdot 2 = 0.296\text{Вт}$$

Величина теплотерь через участок стены с гвоздем тарельчатого дюбеля

$$Q' = Q_a + Q_b + Q_c = 3.085\text{Вт}$$

Тогда величина дополнительных теплотерь через точечную теплотехническую неоднородность

$$\Delta Q = Q' - Q = 0.0657\text{Вт}$$

ПК ELCUT позволяет проводить расчет осесимметричных задач. Такой способ подходит, если все элементы рассматриваемой конструкции цилиндрические. В нашем случае гвоздь тарельчатого

S_a – площадь участка а;

S – площадь всего участка стены;

$$Q_a = Q \cdot \frac{S_a}{S} \cdot 2 = 2.73\text{Вт}$$

Для зоны b, шириной 20,5мм, определим линейную плотность теплового потока, как среднее между соответствующими величинами для зон а и с. Тогда,

го дюбеля представляет собой цилиндр, а квадратный участок стены можно привести к эквивалентному цилиндрическому с такой же площадью поверхности, не потеряв в точности.

Площадь участка стены $S=0.25\text{м}^2$, тогда радиус ее цилиндрического эквивалента

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 282\text{мм}$$

Производим расчет осесимметричной задачи в ПК ELCUT (рис. 2).

После решения получаем величину теплотерь через данный участок

$$Q_{OC} = 3,0834\text{Вт}$$

Дополнительные теплопотери через точечную теплотехническую неоднородность при этом

$$\Delta Q_{oc} = Q_{oc} - Q = 0.0644 \text{ Вт}$$

Как мы видим, различие теплопотерь между плоской и осесимметричной задачами составляет всего 2%, что позволяет использовать ПК ELCUT для расчета точечных теплотехнических неоднородностей посредством 2D-моделирования.

В ПК ELCUT могут быть рассчитаны не только цилиндрические элементы (тарельчатый дюбель, анкер), но и прямоугольные в сечении элементы (кронштейн).

Таким образом, установлено, что расчетные значения параметров теплозащиты наружных ог-

раждающих конструкций зданий в соответствии с требованиями [1] могут быть определены с помощью ПК ELCUT с удовлетворительной точностью, что особенно актуально на этапе моделирования различных конструктивных решений.

Библиографический список

1. Свод правил по проектированию и строительству: Тепловая защита зданий: СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция. СНиП 23-02-2003. – Введ. 2012-01-01. – М.: Госстрой России, 2012. – 100с.
2. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Руководство пользователя. СПб.: ПК TOP, 2009. - 339с.

УДК 624.012

КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ НЕСЪЕМНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОПАЛУБКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ КАРКАСОВ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ DESIGN CONCEPT OF UNSKIMED REINFORCED FORMS FOR IMPROVEMENT OF CIVIC BUILDING FRAMEWORK PERFORMANCE

Фомин Н.И., ст. преподаватель, Байбурун А.Х., д.т.н., профессор

ФГАОУ ВПО «УрФУ», ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Предложен комплекс конструктивных решений несъемной железобетонной стеновой опалубки, обеспечивающих повышение эксплуатационных качеств каркасов гражданских зданий.

Abstract. The complex of the design concepts to wall unskimed reinforced forms providing increase of civic buildings framework performance is offered.

Ключевые слова: Эксплуатационные качества, несъемная железобетонная опалубка, гражданское здание.

Keywords: performance, unskimed reinforced forms, civic building.

Значительным потенциалом для повышения эксплуатационных качеств (ЭК) в современных гражданских зданиях обладает несущий каркас, реализуемый в основном в монолитном варианте. Несмотря на широкое использование промышленных опалубок при возведении монолитного каркаса, его ЭК на многих строительных объектах нельзя признать удовлетворительными. Из-за выполнения всего объема опалубочных, арматурных и бетонных работ в условиях строительной площадки, наблюдается снижение ЭК вследствие ряда дефектов, которые обусловлены: непроектным классом бетона и расположением арматуры, несоблюдением величины защитного слоя бетона, сверхнормативными отклонениями конструкций в плане и по высоте, низким качеством поверхностей и сверхнормативными деформациями.

Рациональным направлением в развитии строительных технологий, позволяющим снизить дефектность конструкций каркаса и, одновременно, повысить скорость его возведения, является сочетание монолитного железобетона и сборных конструкций. Один из вариантов успешной реализации данного направления заключается в применении несъемной железобетонной опалубки. Такая опалубка весьма популярна в европейских странах, о чем свидетельствуют данные в зарубежных технологических и конструкторских пособиях, например [1, 2]. За последнее время в отечественном граж-

данском строительстве, в частности на территории Свердловской области, распространение получила несъемная железобетонная опалубка стен и перекрытий с несущим арматурным каркасом «Филигран» (далее несъемная опалубка), изготавливаемая по германской технологии [3]. Вышедшие в 2011 и 2012 годах стандарты НОСТРОЙ [4, 5], на базе зарубежных норм, содержат требования к конструкции несъемной опалубки, а также общие правила производства и приемки работ при возведении сборно-монолитных стен и перекрытий. Вместе с этим конструктивные решения опалубки, предусмотренные в нормах, как будет показано ниже, не позволяют в полной мере обеспечить повышение ЭК каркаса.

Опыт строительства с использованием несъемной опалубки показал, что область ее применения в значительной степени ограничена климатическими условиями площадки строительства. Так, для большой территории Российской Федерации (Урал и Сибирь) использование несъемной опалубки перекрытия технологически оправдано только в летний период. Данное ограничение связано с трудно удаляемым обледенением на верхней шероховатой поверхности опалубки, возникающем при ее хранении и монтаже в условиях отрицательных температур воздуха (особенно при снегопадах), а также трудностями прогрева тонких сборных плит перекрытия. Можно заключить, что

наибольшим потенциалом для совершенствования ЭК каркаса здания в условиях Урала и Сибири обладает стеновая несъемная опалубка.

Существующее конструктивное решение несъемной стеновой опалубки не позволяет в полной мере обеспечить повышение ЭК каркаса по следующим причинам.

1. Процесс уплотнения бетонной смеси в несъемной опалубке затруднен из-за наличия пространственного арматурного каркаса между сборными плитами и малого расстояния между ними (обычно 100 – 120 мм). Проведенные нами исследования образцов (в виде кернов), выбуренных из сборно-монолитной стены, показали, что использование традиционных глубинных вибраторов не обеспечивает качественного уплотнения смеси, в результате чего в ней образуются воздушные пустоты, как правило, на границе монолитной части со сборными плитами, снижающие несущую способность сборно-монолитной стены (рис. 1). Кроме этого, увеличение объема пустот в монолитной части происходит также из-за малой площади открытой поверхности смеси между сборными плитами.

2. При укладке бетонной смеси в несъемную опалубку в зимних условиях обеспечение благоприятных температурных условий для формирования прочности твердеющего бетона является задачей, определяющей, в значительной степени, несущую способность сборно-монолитной стены. Комплексность задачи обусловлена необходимостью обеспечения положительных температур во всем объеме сборно-монолитной стены. В нормах [5] в качестве основного метода зимнего бетонирования при использовании несъемной железобетонной опалубки предусмотрено устройство тепляков с теплозащитным покрытием. Данное решение нельзя признать технологичным и энергоэффективным, кроме этого требуется использование тепловых генераторов и специальных укрывных материалов в качестве оболочки покрытия.

3. В действующих нормах по устройству сборно-монолитных конструкций в несъемной опалубке [5] предусмотрен сквозной ультразвуковой метод неразрушающего контроля, предполагающий ряд измерений скорости прохождения ультразвука через каждую сборную конструкцию до бетонирования и после него через сборно-монолитную конструкцию. Таким образом, до производства бетонных работ строительная лаборатория должна выполнить ультразвуковой контроль сборных конструкций, который сопровождается обязательным измерением толщины сборных плит опалубки и сечения монолитного сердечника. Данные требования к реализации ультразвукового контроля снижают его технологичность и делают слабо пригодным для практической реализации.

Для устранения указанных недостатков был разработан комплекс конструктивных решений несъемной стеновой опалубки, новизна которых подтверждена патентами [6–8]. В качестве прототипа применена конструкция железобетонной несъемной стеновой опалубки с несущим арматурным каркасом «Филигран». Всего разработано три решения несъемной стеновой железобетонной опалубки, направленных на повышение ЭК каркаса здания.



Рис. 1. – Воздушные пустоты на границе монолитной и сборной части керна

Первое решение (рис. 2а) реализуется устройством в каждой плите ряда сквозных каналов, расположенных наклонно к ее наружной и внутренней поверхностям [6]. Выход каждого канала на наружной поверхности плиты расположен выше его выхода на внутренней поверхности. Наличие каналов позволяет обеспечить стабильно высокую несущую способность монолитного сердечника сборно-монолитной стены за счет увеличения площади открытой поверхности смеси и обеспечения дополнительного выхода воздуха из монолитной части при ее уплотнении. Предлагаемая ориентация каналов относительно поверхностей плит обеспечивает выход воздуха, но не позволяет бетонной смеси вытекать из опалубки.

Второе решение (рис. 2б) заключается в креплении к плоскому арматурному каркасу плиты, на стадии ее изготовления, греющего провода, выполненного в виде змеевика, концы которого выведены наружу плиты, а также в креплении вертикальных стержневых электродов к пространственному арматурному каркасу между плитами [7]. Устройство греющих проводов и электродов обеспечивает стабильно высокую несущую способность монолитного сердечника сборно-монолитной стены при бетонировании в период с низкими температурами воздуха.

Третье решение (рис. 2в) заключается в устройстве в одной из плит опалубки при ее изготовлении сквозных отверстий, заполненных пробкой из поризованного материала, например экструдированного пенополистирола [8]. Регулируется количество и площадь отверстий, а также расположение границы отверстия относительно края плиты. Наличие пустот в плите опалубки, заполненных легко извлекаемым материалом, позволяет обеспечить доступ к поверхности монолитного сердечника для возможности неразрушающего контроля прочности бетона монолитного сердечника. Данное решение позволяет с высокой технологичностью реализовать неразрушающий контроль прочности бетона монолитного сердечника (без замеров геометрии сборной и монолитной части) и обеспечить достоверность оценки прочности монолитного сердечника.

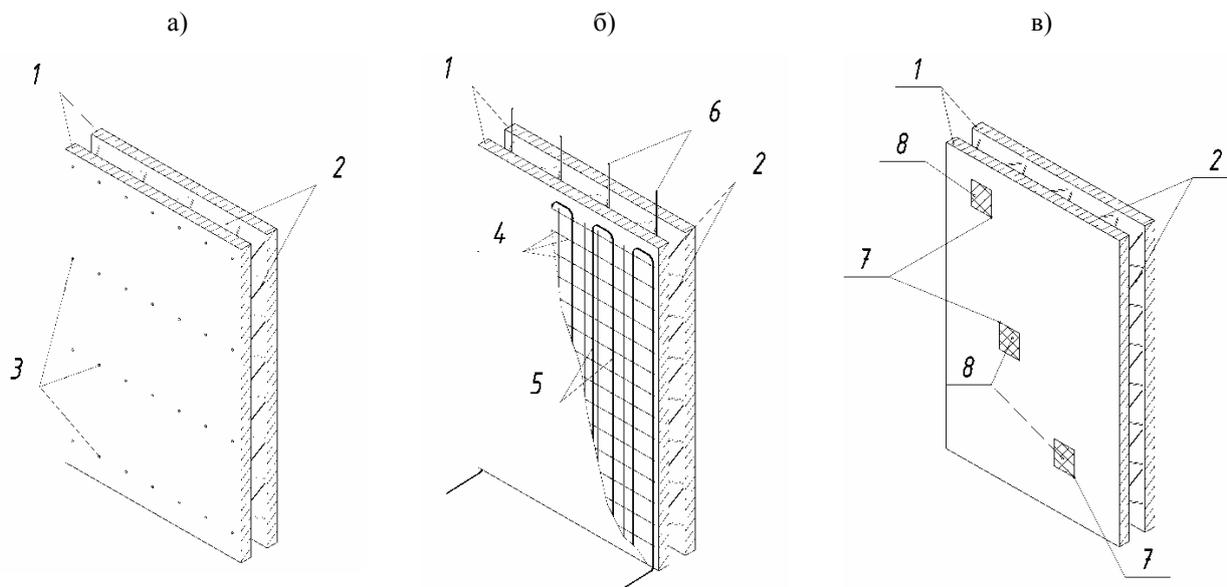


Рис. 2.– Конструктивные решения несъемной стеновой железобетонной опалубки:
а) – пат. РФ 135671; б) – пат. РФ 145947; в) – пат. РФ 145678

1 – тонкостенная железобетонная сборная плита; 2 – пространственный арматурный каркас, соединяющий плиты; 3 – сквозной канал в плите, расположенный наклонно к ее поверхностям; 4 – плоский арматурный каркас плиты; 5 – греющий провод, выполненный в виде змеевика, в плите; 6 – стержневой электрод, установленный между плитами; 7 – сквозное отверстие в плите, 8 – заполнение отверстия из поризованного материала

Реализация разработанных конструктивных решений стеновой несъемной опалубки позволит обеспечить высокую технологическую надежность процессов при укладке и уплотнении бетонной смеси монолитной части, повысить достоверность и технологичность контроля прочности бетона монолитной части.

Для повышения ЭК каркаса гражданского здания рекомендуется использовать несъемную стеновую железобетонную опалубку, конструкция которой позволяет:

- повысить технологичность процессов укладки и качество уплотнения бетонной смеси монолитного сердечника;

- обеспечить температурные условия для стабильного набора прочности бетона монолитного сердечника в зимних условиях;

- повысить достоверность и технологичность неразрушающего контроля прочности бетона монолитного сердечника.

Отметим, что разработанные конструктивные решения несъемной стеновой опалубки рационально использовать не только в России, но и на территориях северных европейских стран (Швеция, Финляндия, Норвегия).

Библиографический список

1. Byggarbetplatsensteknikhandbok. Sveriges Byggindustrier. 2012.

2. Митев, И. Предпечи, предстени и конструкции от тях. Ръководство за проектиране / И. Митев, Б. Димитров, З. Димитров. ABC Техника. София. 2006.
3. Die Technik zur Wand – Wie wird's gemacht? Ein Handbuch für Planung und Ausführung. Syspro Gruppe Betonbauteile. Hockenheim, 1997.
4. СТО НОСТРОЙ 2.6.15-2011 «Конструкции сборно-монолитные железобетонные. Стены и перекрытия с пространственными арматурным каркасом. Технические условия». М.: НИИЖБ, Издательство «БСТ». 2011. – 49 с.
5. СТО НОСТРОЙ 2.7.16-2011 «Конструкции сборно-монолитные железобетонные. Стены и перекрытия с пространственными арматурным каркасом. Правила выполнения, приемки и контроля монтажных, арматурных и бетонных работ». М.: НИИЖБ, Издательство «БСТ». 2012. – 73 с.
6. Пат. 135671 Российская Федерация, МПК Е 04 В 2/86. Железобетонная несъемная стеновая опалубка / Н.И. Фомин, К.В. Бернгардт, Д.Л. Шаврин. - № 2013130539/03; заявл. 02.07.13; опубл. 20.12.13, Бюл. № 35. – 1 с.
7. Пат. 145947 Российская Федерация, МПК Е 04 В 2/86. Железобетонная несъемная стеновая опалубка / Н.И. Фомин, Д.Л. Шаврин. - № 2013154205/03; заявл. 05.12.13; опубл. 27.09.14, Бюл. № 27. – 1 с.
8. Пат. 145678 Российская Федерация, МПК Е 04 В 2/86. Железобетонная несъемная стеновая опалубка / Н.И. Фомин, Д.Л. Шаврин. - № 2013155416/03; заявл. 12.12.13; опубл. 27.09.14, Бюл. № 27. – 2 с.

УДК 514.18+004.925.8+378.046

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ В КУРСЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ 3D MODELING IN COMPUTER GRAPHICS COURSE FOR CONSTRUCTION SPECIALTIES

Хейфец А.Л., к. т. н, профессор; Васильева В.Н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрено содержание и методика преподавания курса компьютерной графики для студентов строительных специальностей на основе активно развивающихся 3d методов проектирования в пакете AutoCAD. Приведены три контрольно-графических задания по темам Перспектива и тени, Чертеж гражданского здания и Чертеж узла фермы. Показано, как на основе 3d моделирования выполняется исследование свойств перспективных проекций, построение и исследование теней сложных элементов зданий. Показан пример построения динамического блока при создании модели узла ферм. Приведен перечень дополнительных компетенций, приобретаемых студентом после освоения курса.

Abstract. Look at the content and methodology of teaching computer graphics for construction engineering students on the basis of actively developing 3d design techniques in AutoCAD. The three control graphic job on the topics of Perspective and shadow, Drawing civil buildings and the Drawing of the node in the farm. Shows how on the basis of 3d modeling is the study of the properties of perspective projection, the construction and investigation of complex shadows elements of buildings. Shows an example of a dynamic block when creating a model of host farms. The list of additional competencies acquired by the student after the course is completed.

Ключевые слова: компьютерная графика; строительное черчение; 3d модель; AutoCAD; чертеж здания; чертеж фермы; перспектива и тени.

Keywords: computer graphics; construction drawing; 3d model; AutoCAD; drawing building; drawing farm; perspective and shadows.

В практику проектирования сегодня активно внедряются компьютерные 3d технологии, в которых первичным является построение реалистичной 3d модели объекта (детали и узлы машин, здания), а создание чертежа является вторичным и, уже во многом, автоматизированным процессом.

За последние годы 3d технологии все шире включаются и в курс инженерной графики вузов. Рабочие программы, отражая переходный период формирования современной системы обучения, содержат “всего понемногу”. То есть, начинают с черчения карандашом, затем идет компьютерная 2d и, наконец, дается компьютерная 3d графика. Сегодня это может быть признано рациональным. Важен вопрос о наполнении и доле участия каждой из указанных составляющих. Авторы статьи внедряют 3d компоненты как актуальные и перспективные направления в профессиональной подготовке студентов.

Студенты строительных специальностей ЮУрГУ, в соответствии с рабочей программой дисциплины “Инженерная графика”, во втором семестре выполняют задания общеинженерной подготовки: проекционное черчение, резьба, детализация и сборочный чертеж. Эти задания авторы дают преимущественно в компьютерном 3d варианте [5].

В третьем семестре выполняют специализированные задания: “Перспектива и тени”, “Чертежи гражданского здания”, “Чертеж узла фермы”.

Цель настоящей работы: изложить методику преподавания в ЮУрГУ компьютерной графики для строительных специальностей, направленную на активное привлечение современных компьютерных 3d технологий.

Занятия проводятся в компьютерных мультимедийных кафедральных классах, по 2 часа в неделю. Пакет AutoCAD. Лекции не предусмотрены. Студентам выдаются методические разработки авторов, содержащие примеры выполнения заданий. Проводятся пояснительные чтения. Методическое обеспечение позволяет существенно повысить самостоятельность выполнения заданий и реализовать предусмотренные программой ≈50% самостоятельной работы.

Третий семестр начинается с задания “Перспектива и тени”. В классическом 2d выполнении это задание является наиболее трудным в графической подготовке студентов.

Компьютерная 3d реализация перспективы, входящая во все современные графические пакеты, в автоматическом режиме легко справляется с построением перспективных изображений любой сложности. В связи с этим была поставлена задача разработки методики преподавания перспективы и теней, в которой 2d и 3d методы взаимно дополняют и обогащают друг друга и на этой основе повышают понимание студентами законов перспективы, интерес студентов и качество выполнения работы.

Цель задания: изучить свойства перспективных проекций, освоить классические 2d и совре-

менные 3d методы их построения, фотореалистичную визуализацию в пакете AutoCAD, основы параметризации объектов на примере оптимизации параметров перспективы.

По исходным данным студенты создают 3d модель объекта (рис. 1, а), затем строят и исследуют перспективу и тени, применив 3d методы пакета AutoCAD. В завершение строят перспективу и тени объекта, а также тени в ортогональных проекциях классическими 2d компьютерными методами.

Построение перспективы в AutoCAD выполняется созданием и настройкой камеры (рис. 1, б). Студенты изучают связь параметров камеры с параметрами перспективы. На автоматизированной перспективе изучают свойства перспективы. Эти свойства включают основные, известные из начертательной геометрии (НГ) [2], так и особые, связанные с компьютерной реализацией [6]. К первым относятся проецирование главного луча в точку, отображение радиальных прямых вертикальными,

расположение главной точки и точек схода на линии горизонта. К компьютерным – главная точка находится на пересечении диагоналей видового окна; различие между углом зрения и углом обзора камеры и др. Изучают влияние высоты горизонта и направления главного луча (рис. 1, в).

Известны требования [2] к выбору параметров перспективы. 3d методы, позволяющие быстро воспроизвести перспективу с произвольными параметрами, дают студенту возможность осмыслить эти требования, исследовать их влияние и экспериментально выбрать оптимальные параметры.

При исследовании перспективы студенты дополнительно изучают и применяют параметризацию [5], знакомясь с этим современным средством графических редакторов. Параметризация позволяет приложить к элементам чертежа геометрические зависимости и размерные параметры. Выполняется параметризация разметки перспективы (рис. 1, в).

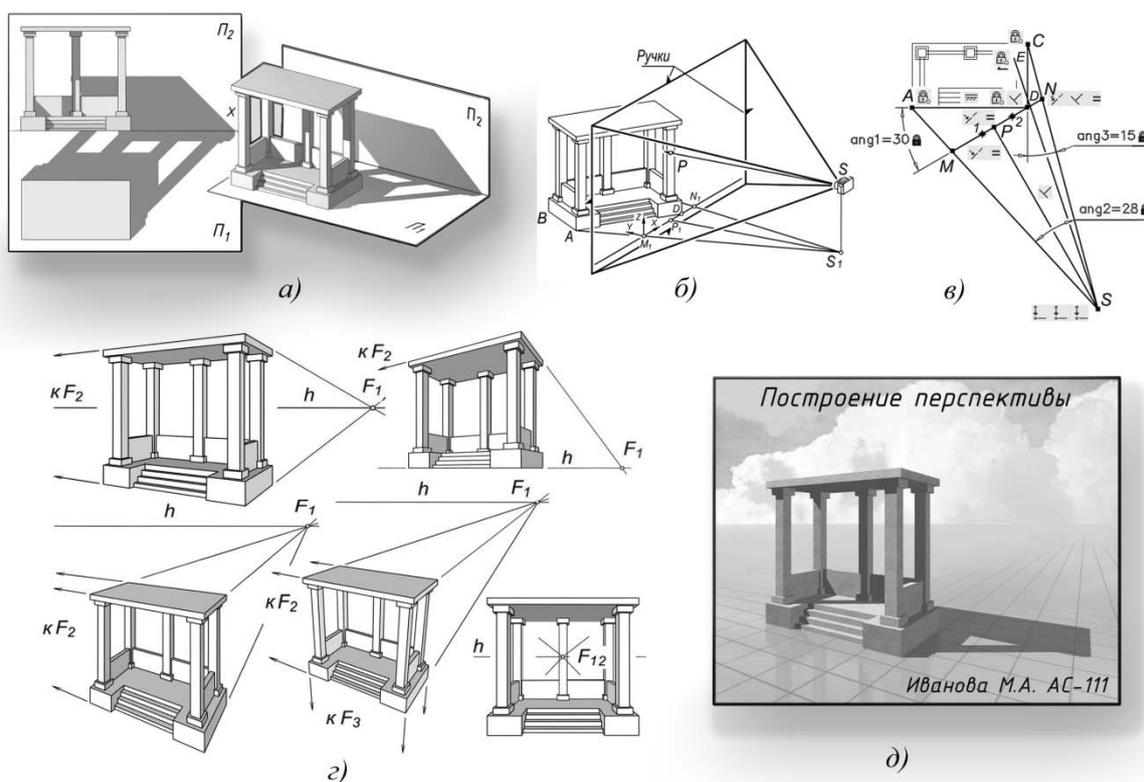


Рис. 1 - Построение перспективы по 3d модели: а – создание беседки и моделирование теней; б – создание и редактирование камеры; в – параметризация разметки перспективы; г – исследование свойств перспективы по модели; д – фотореалистичное изображение перспективы беседки

При изменении размерных параметров (угол зрения, угол картины к фасаду, угол раскрытия бокового фасада) разметка автоматически перестраивается. На этой основе студенты исследуют влияние параметров и выбирают оптимальный результат применительно своей модели.

Современные графические пакеты, в том числе AutoCAD, обладают развитыми средствами фотореалистичной визуализации 3d моделей, с которыми студенты знакомятся в рамках выполняемых заданий. Они осваивают методику построения фо-

тореалистичных изображений с материалами, светом, тенью и фоном [5].

Чтобы повысить эмоциональный уровень задания в сцену перспективы добавляется плоскость “земли” с сеткой, фон, материалы с текстурой, туман как средство создания эффекта воздушной перспективы. Полученное изображение сохраняется в растровом формате и дорабатывается в пакете Photoshop (см. рис. 1, д).

Закончив с 3d моделями, студенты переходят к построению перспективы и теней методами начертательной геометрии [2], по традиционной ка-

федеральной методике [4], но в компьютерном 2d варианте. Ставится задача полной идентичности 2d построений с ранее полученными результатами 3d моделирования.

По той же методике, то есть на основе 3d моделирования, студенты выполняют исследование теней в ортогональных проекциях (см. рис. 1, а), а затем строят их традиционными методами НГ.

Следующее семестровое задание – “Чертежи гражданского здания”.

Цель задания – приобретение студентами навыков чтения и построения чертежей гражданского здания, изучение нормативной документации на выполнение строительных чертежей.

Поскольку строительные организации все еще ориентированы на компьютерный 2d вариант проектирования, то он положен в основу выполнения задания. Необходимо выполнить чертёж здания. Чертеж должен содержать план первого этажа, фасад, разрез, разбивочный план, экспликацию помещений, тени на фасаде и разбивочном плане. Составить расчетно-пояснительную записку для оконных проемов и лестницы [3].

Для сближения с современными 3d методами строительного проектирования в задание включены элементы 3d моделирования.

При построении теней рекомендуется предварительно создать 3d модель здания и воспроизвести тени в режиме фотореалистичной визуализации. Затем строить тени методами НГ. Как вариант самостоятельной работы студентам ставится задача исследовать тени одного из сложных элементов здания. Например, построить тени от парапета на наклонную крышу в режиме 2d (рис. 2, а) и сравнить результат с контрольным растровым изображением (см. рис. 2, б).

Завершающее задание семестра – “Чертеж узла фермы”.

Цель задания: ознакомиться со строительными металлическими конструкциями, особенностями выполнения их чертежей на примере фермы [1] и построить чертеж узла фермы.

Студентам выдается геометрическая схема фермы, виды и разрезы, поясняющие ее конструкцию, и спецификация металла (проката). Необходимо построить чертеж одного из узлов фермы.

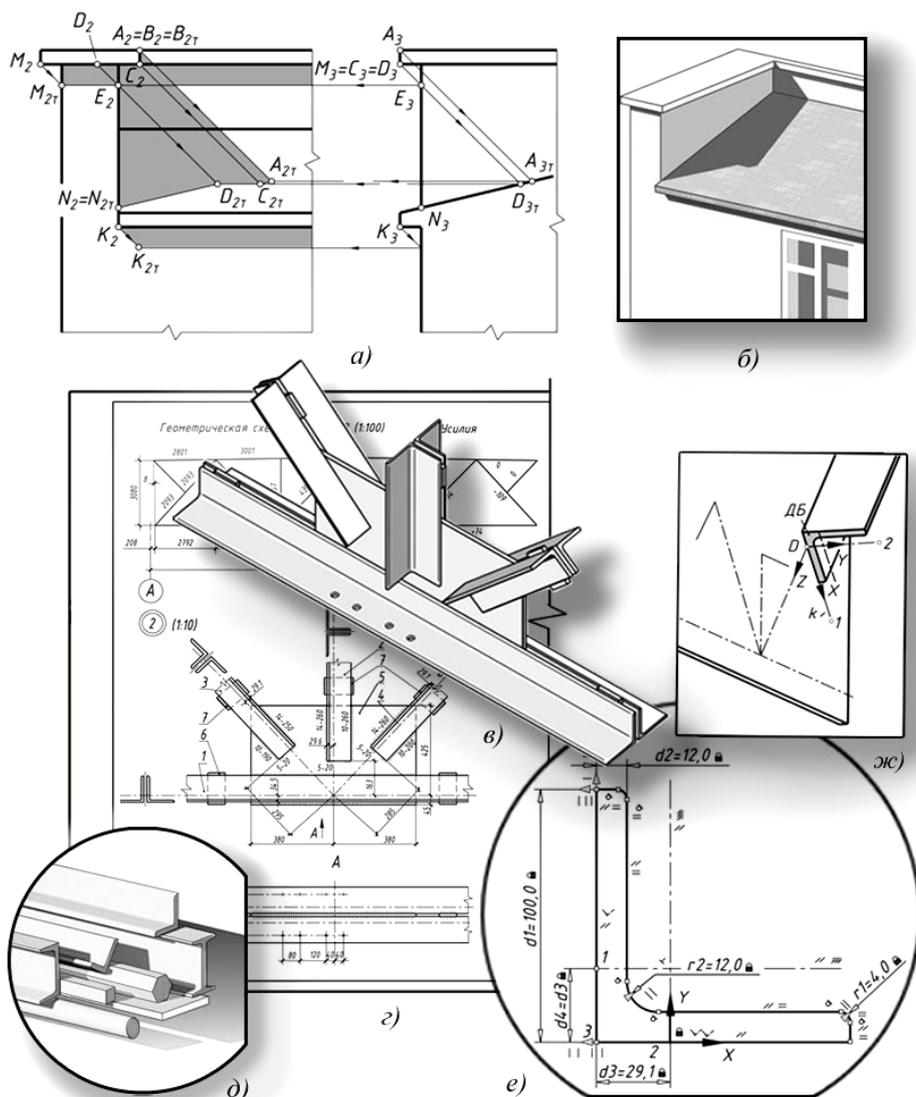


Рис. 2. - Построение тени на фасаде здания (а, б); построение чертежа узла фермы по 3d модели (в – ж).

В рамках этого задания углубляются знания студентов по 3d технологии проектирования и построения чертежа, заложенные в базовом курсе инженерной графики (рис. 2, в, г) [5].

Последовательность выполнения работы: знакомство с металлоконструкциями, их основными элементами, прокатом (рис. 2, д), особенностями чертежей; создание динамического блока (ДБ) для уголков, входящих в узел (см. рис. 2, е); построение 3d модели узла (рис. 2, в); выполнение чертежа узла по 3d технологии (рис. 2, г).

В рамках задания студенты знакомятся с ДБ, как современным средством создания графической базы данных [5], создают блок для сортамента, входящего в ферму. При построении 3d модели узла осуществляется вставка ДБ на плоскость фасонки перпендикулярно осям геометрической схемы (см. рис. 2, ж). Далее формируют стержни узла вытягиванием контуров уголков, выполняют зеркальное отображение стержней и вставку планок жесткости между стержнями. Чертеж формируют проецированием 3d модели узла.

Семестровая работа оформляется как отчет, состоящий из “распечаток” растровых изображений и чертежей. К отчету прилагаются файлы моделей и чертежей, а также файл библиотеки блоков, созданных студентом.

Дифференцированный зачет позволяет установить различный объем семестровой работы в зависимости от “желаемой” студентом оценки. Например, по заданию “Перспектива и тени” на оценку “удовлетворительно” допускается не строить тени в ортогональных проекциях. По заданию “Чертеж гражданского здания” – исключить исследование тени. По заданию “Чертеж узла фермы” – не создавать динамический блок уголка.

После изучения курса в набор компетенций студентов инженерно-строительных специальностей могут быть добавлены следующие.

Знать: методы 2d и 3d построения чертежа и перспективных изображений; методы решения по 3d модели инженерно-геометрических задач, возникающих при строительном проектировании. **Уметь:** строить компьютерные, в том числе фотореалистичные 3d модели зданий и узлов. **Владеть:** навыками выполнения чертежей по 2d, 3d технологиям в пакете AutoCAD.

Выводы. Рассмотренный курс компьютерной графики приобщает студентов к современным компьютерным технологиям в строительстве, упрощает последующий переход к профессиональным пакетам строительного проектирования на старших курсах, учитывает активно развивающиеся 3d технологии проектирования.

Внедрение компьютерных, особенно, 3d технологий в учебный процесс кафедр графики является актуальной задачей кафедр, требующей повышения квалификации преподавателей и способствующей повышению рейтинга кафедр.

Библиографический список

1. Абаринов, А.А. Составление детализированных чертежей металлических конструкций / А.А. Абаринов. – М.: Стройиздат, 1978. – 60 с.
2. Короев, Ю. И. Начертательная геометрия : учебник для архитектур. вузов и фак. / Ю. И. Короев. – М.: КноРус, 2014. – 422 с.
3. Курзенева, И.Н. Архитектурно-строительные чертежи гражданского здания: учеб. пособие / И. Н. Курзенева. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000. – 51 с.
4. Манакова, Г.И. Проекция теней / Г.И. Манакова, И.В. Буторина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 2004. – 33 с.
5. Хейфец, А.Л. Инженерная 3D-компьютерная графика: учебник и практикум для академического бакалавриата / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева; под ред. А.Л. Хейфеца. – 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во “Юрайт”, 2015 г.– 602 с.
6. Хейфец, А.Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. / А.Л. Хейфец. – СПб.: БХВ, 2005. – 336 с.

УДК 539.03

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ COMPUTER AIDED DESIGN IN CONSTRUCTION

Черных В.К., аспирант, Раткин В.В., к.т.н., доцент;

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Аннотация. В статье рассмотрены основные системы автоматизированного проектирования, применяемые как в гражданском, так и в транспортном строительстве. Освещены их достоинства, недостатки, дается краткая справка о программных комплексах, произведено сравнение. Сделаны выводы о целесообразности применения той или иной программы.

Abstract. The article describes the main CAD systems used in both civil and transport construction. Highlight their strengths, weaknesses, gives a brief overview of the software systems, are compared. The conclusions about the appropriateness of a particular program.

Ключевые слова: системы автоматизированного проектирования, метод конечных элементов, расчет, строительство, AutoCAD, SCAD, ПК «Лира», Midas Civil, Ansys.

Keywords: computer-aided design, finite element method, calculation, construction, AutoCAD, SCAD, PC «Lira», Midas Civil, Ansys.

В современном мире наблюдается тенденция огромного роста нагрузок на строительные конструкции. В гражданском строительстве это связано с увеличением этажности зданий, с их технологич-

ностью, а также строительством в экстремальных условиях. В транспортном строительстве также наблюдается рост нагрузок в связи с увеличением количества транспорта, со стремлением возводить

большие по габаритам сооружения, с экстремальностью условий [1]. В связи с этим повышаются требования к проектным работам. Уже недостаточно тех ручных расчетов, которые производились раньше. Типовые проекты прошлых лет не удовлетворяют современным требованиям, т.к. большинство новых и планируемых сооружений являются уникальными в своем роде [2].

Существует ряд программных комплексов, которые в работе проектировщика играют ключевую роль. В первую очередь, это, конечно, универсальная программа инженерной графики – AutoCAD. Ни одна организация, ни одно промышленное предприятие, ни один строительный ВУЗ не может обойтись без этого комплекса. Все чертежи, вся рабочая, проектная документация выполняются в этой программе. На данный момент в своей сфере она лидирует.

Что касается расчетов, то здесь существует целый ряд программ и программных комплексов, основанных на МКЭ – математическом методе конечных элементов. От самых простеньких бесплатных программ, выполняющих небольшие расчеты балок на двух опорах и построения эпюр, до сложных в освоении и дорогих программных комплексов, с помощью которых рассчитываются грандиозные сооружения (такие, как, например, олимпийские объекты). Везде имеются свои плюсы и минусы, о которых будет сказано ниже [3].

AutoCAD – разработка компании Autodesk – самая распространённая САПР (система автоматизированного проектирования), функционирующая в среде MS Windows. AutoCAD – это традиционные, проверенные временем инструменты инженерной графики, трехмерного моделирования и визуализации, постоянно дополняемые новыми возможностями. Платформа AutoCAD обеспечивает впечатляющее повышение производительности труда в любой области деятельности, связанной с точным графическим представлением результатов, – от астрономических наблюдений до раскроя одежды. Функционал AutoCAD дополняют более 5000 специализированных программ-приложений для самых разнообразных отраслей.

AutoCAD – это рабочий инструмент повседневного использования на каждом рабочем месте проектировщика. Сотни миллионов специалистов во всем мире ежедневно создают в AutoCAD электронные документы или используют AutoCAD в качестве платформы для более специализированных приложений и настроек.

Основу продукта составляет совершенная система создания различных двумерных графических объектов-примитивов и управления такими объектами: линиями, размерами, текстами, штриховками и т.д. В AutoCAD также имеются развитые возможности создания и управления трехмерными объектами: элементарными формами, поверхностями различных типов и т.д.

Все объекты существуют в едином виртуальном трехмерном пространстве с координатами X, Y, Z.

Проектировщик-пользователь самостоятельно выбирает вид, проекцию, характер представления созданных объектов. Важным достоинством AutoCAD является наличие множества способов и

инструментов решения одной и той же задачи. Это придает программе необходимую гибкость.

Все пользователи AutoCAD приступают к работе, опираясь на собственные навыки выполнения чертежей. Инструменты черчения AutoCAD – самые точные, удобные и совершенные среди инструментария всех САПР: их совершенствование продолжается уже несколько десятков лет [4].

MidasCivil – программный комплекс, предназначенный для расчета и проектирования мостов и транспортных сооружений. На сегодняшний день является одним из лидеров среди программных комплексов, специализирующихся на расчете мостов.

Программный комплекс позволяет решать ряд задач методом конечных элементов.

Отличительные особенности Midas Civil:

- Развитый графический интерфейс пользователя. Возможность просматривать пространственную модель с использованием окна визуализации.
- Функция DRAG&DROP позволяет быстро назначать или менять свойства для групп элементов, граничных условий, нагрузок и пр.
- Различные способы отображения модели.
- Обширная библиотека материалов, сформированная в соответствии с различными стандартами (Eurocode, ASTM, CSA, JTJ и пр.). Возможность задания ортотропных материалов.
- Учет характеристик материала, меняющихся во времени: ползучесть, усадка, нарастание прочности бетона, в том числе в соответствии с различными стандартами – СЕВ+FIP, ACI, PCA, AASHTO, European и пр.
- Многочисленные встроенные типы сечений.
- Различные шаблоны.
- Построение линий и поверхностей влияния от подвижных нагрузок.
- Расчет с учетом монтажа.
- Расчет с учетом геометрической нелинейности и т.д. [5]

ЛИРА-САПР – программный комплекс, предназначенный для численного исследования прочности и устойчивости конструкций, а также их автоматизированного проектирования.

Основные функции, включенные в ПК ЛИРА-САПР:

- развитая интуитивная графическая среда пользователя;
- набор многофункциональных процессоров;
- развитая библиотека конечных элементов;
- расчет на ветровые нагрузки с учетом пульсации и сейсмические воздействия по нормативам стран СНГ, Европы, Африки, Азии и США;
- расчет на различные виды динамических воздействий (сейсмика, ветер с учетом пульсации, вибрационные нагрузки, импульс, удар, ответ-спектр);
- конструирующие системы железобетонных и стальных элементов в соответствии с нормативами стран СНГ, Европы и США;
- возможность редактирования баз стальных сортаментов;

- связь с другими графическими и документирующими системами (AutoCAD, ArchiCAD, MS Word и др.) на основе DXF и MDB файлов;
- развитая система помощи, удобная система документирования;
- возможность изменения языка (русский/английский) интерфейса и/или документирования на любом этапе работы;
- различные системы единиц измерения и их комбинации [6].

ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет. Является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов (CAE, Computer-Aided Engineering) и КЭ решения линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач механики деформируемого твёрдого тела и механики конструкций (включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкций), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена, электродинамики, акустики, а также механики связанных полей [7].

SCAD - Единая графическая среда синтеза расчетной схемы и анализа результатов обеспечивает неограниченные возможности моделирования расчетных схем от самых простых до самых сложных конструкций, удовлетворяя потребностям опытных профессионалов и оставаясь при этом доступной для начинающих. Высокопроизводительный процессор позволяет решать задачи большой размерности (сотни тысяч степеней свободы при статических и динамических воздействиях).

SCAD включает развитую библиотеку конечных элементов для моделирования стержневых, пластинчатых, твердотельных и комбинированных конструкций, модули анализа устойчивости, формирования расчетных сочетаний усилий, проверки напряженного состояния элементов конструкций по различным теориям прочности, определения усилий взаимодействия фрагмента с остальной конструкцией, вычисления усилий и перемещений от комбинаций нагрузок. В состав комплекса включены программы подбора арматуры в элементах железобетонных конструкций и проверки сечений элементов металлоконструкций.

Система постоянно развивается, совершенствуются интерфейс пользователя и вычислительные возможности, включаются новые проектирующие компоненты [8].

Достоинства и недостатки рассмотренных программных комплексов. AutoCAD имеет намного больше плюсов, чем минусов. Программа в себя включает полноценный комплект инструментов, предназначенных для высококачественного трехмерного моделирования. Более того, AutoCAD дает возможность получить грамотную визуализацию необходимых моделей с помощью системы рендеринга под названием mental ray. Не лишним будет отметить, что в AutoCAD реализовано грамотное управление 3-мерной печатью (распечатка возможна на 3D-принтере) и четкая поддержка облаков точек (дает возможность работать с итогами сканирования в формате 3D). Но в тоже время

обязательно следует учесть и минусы последней версии AutoCAD, к которым нужно отнести отсутствие трехмерной параметризации. Этот факт не дает возможности AutoCAD тесно конкурировать с различными машиностроительными системами автоматизированного проектирования, например, SolidWorks, Inventor и так далее, но в области строительства пока что не мешает оставаться лидирующим продуктом.

Проведя некоторые исследования и прочитав мнения людей и основываясь на собственном опыте, а также на опыте коллег, можно прийти к выводу, что большинство мостостроителей выбирают программу MIDASCIVIL. Эта программа обладает большим спектром функций и возможностей для расчёта конструкций мостовых сооружений, чем и заслужила своё признание в кругу специалистов. Однако, эта программа не идеальна. К первому и довольно-таки ощутимому минусу можно отнести отсутствие русского языка в программе. Также программа не может учитывать влияние импульса ветра на конструкцию, температурные нагрузки, пучения грунтов. Но разработчики программы обещают в дальнейших версиях исправить все недочёты и сделать программу более полной и совершенной [9].

Программы для расчёта зданий и общинженерных сооружений. Здесь было представлено три программы: SCAD, Ansys и ПК «Лиры». Выбрать из них лучшую не так-то просто, поскольку все они обладают каким-то преимуществом над другими программами, и всё-таки выбор ближе всего в пользу ПК «Лиры». Преимущество «Лиры» заключается в скорости работы и в более удобном интерфейсе, что даёт ей большой плюс для тех кто первый раз садится за работу в этой программе. В защиту Scad можно сказать, что программа может выполнить за вас большой объём вычислительной работы. К тому же программы Scad и Лиры являются отечественными, имеют в своих базах данных российские сортаменты и поэтому наиболее активно используются в проектной деятельности и для расчетов общинженерных и также транспортных сооружений.

Выводы. Как уже было сказано выше: без современных графических и расчетных программных комплексов (другими словами САПР- систем автоматизированного проектирования) нынешнее строительство было бы просто невозможным. В целом вышерассмотренные программы имеют один общий недостаток: дороговизна. Крупные организации могут себе позволить приобретать данные программы, в то время как малые предприятия подобной «роскоши» себе позволить не могут. Данное обстоятельство несколько притормаживает проектную деятельность и несет в себе такие недостатки, как вынужденное использование проектировщиками нелегальных копий программ, либо демо-версий, что может исказить результат расчетов. Также учебные и научные заведения подчас не могут приобрести нужное количество данных программ, что также отрицательно сказывается на воспитании будущих специалистов [10].

Другой недостаток относится к расчетным комплексам: все они основаны на методе конечных элементов. Данный метод очень популярен, но он не является единственным в вопросах расчета

конструкций. Также многие ученые критикуют его. Использование других методов в основе программ позволило бы производить проверку расчетов, а также иметь более полное представление в каком-то конкретном вопросе [11].

Еще один недостаток: адаптация к российским нормам. Заложенные сортаменты подчас не подходят к отечественному строительству, имеются расхождения, которые впоследствии могут сказаться на расчете.

Анализируя все эти вопросы, можно прийти к выводу, что большое изобилие программ и их возможностей не является конечным результатом, и вопрос, связанный с САПР остается до сих пор открытым и актуальным на сегодняшний день.

Библиографический список

1. Раткин В.В. Разрушительное действие хлоридсодержащей среды на примере обследования железобетонного моста в Новгородской области / В.В. Раткин, В.К. Черных, А.А. Тарасов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); <http://www.trts.esrae.ru/15-62>.
2. Черных В.К. Особенности мониторинга мостовых сооружений области / В.К. Черных, Д.Н. Нестерова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); <http://www.trts.esrae.ru/15-63>.
3. Овчинников И.Г. Проектирование сложных объектов. Проблема надежности и достоверности компьютер-

ных расчетов. Часть 1 / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников, В.И. Кононович // Дороги. Инновации в строительстве. – СПб, 2012. - № 18. - С. 12 -15.

4. www.autodesk.ru/
5. www.midasit.ru/
6. www.liraland.ru/lira/
7. www.ansys.com/
8. www.scadsoft.com/
9. Овчинников И.Г. Проектирование сложных объектов. Проблема надежности и достоверности компьютерных расчетов. Часть 2 / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников, В.И. Кононович // Дороги. Инновации в строительстве. – СПб, 2012. - № 18. - С. 64 -66.
10. Овчинников И.Г. Как обеспечить надежность компьютерных расчетов в условиях «гибкого» проектирования / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников // Наука: 21 век. – Саратов, 2012. - № 4(16). - С.79-87.
11. Овчинников И.Г. Оценка достоверности численных расчетов при проектировании: доверять или не доверять компьютерам? / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников, В.И. Кононович // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 200-й годовщине победы России в Отечественной войне 1812 года «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе». Том 3. Модернизация в сфере эксплуатации, строительства и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012. – С. 377-388.

УДК 69.003

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ APPLICATION OF INFORMATION PROCESSES IN THE CONSTRUCTION ORGANIZATION TO OPTIMIZE BUSINESS PROCESSES

Королькова Ю.В., студент; Гурьянова Е.А., студент

ФГБОУ ВПО «ПВГУС» г. Тольятти

Аннотация. В статье рассматриваются информационные системы, применение которых оптимизирует бизнес-процессы в строительной организации. Проводится анализ следующих информационных систем: ERP, BPM, АСМ.

Abstract. The article deals with information systems, the use of which optimizes business processes in a construction company. The analysis of the following information systems: ERP, BPM, AFM.

Ключевые слова: Бизнес-процесс, управление, информационные технологии, строительная организация, информационные системы, риски, информационные процессы.

Keywords: business process management, information technology, construction organization, information systems, risk, information processes.

Современный этап экономического развития общества характеризуется высоким уровнем нестабильности внешней среды. В данных условиях современной организации необходимо развивать свою адаптивность и гибкость, чтобы иметь возможность приспособиться к новым условиям рынка. Для решения данной проблемы расширяется использование информационных технологий. Научно-технический прогресс не оставил без внимания ни одну из отраслей жизнедеятельности человека. Строительная сфера также не осталась в стороне.

Эффективность принятия управленческого решения во многом зависит от качества информационных ресурсов, уровня развития каналов, кор-

поративной культуры и ИТ-грамотности. Стратегический менеджмент обеспечивается аналитическими приложениями, наличием необходимых баз данных. Таким образом, для поддержки управленческих решений строительной организации необходимо использование автоматизированной информационной системы.

Строительство традиционно очень отстает по интенсивности внедрения систем интеграции от целого ряда других отраслей. Одна из основных причин - специфика строительного сектора, связанная с многополярностью финансово-хозяйственной деятельности его предприятий.

Как правило, в строительстве мы имеем дело с весьма сложной схемой взаимоотношений боль-

шого числа контрагентов - инвестор, консалтер, архбюро, заказчик, подрядчик, субподрядчик и т.д. Подобная ситуация стала причиной распространения практики так называемой "лоскутной", или локальной, автоматизации, когда автоматизируются только отдельные бизнес-процессы. Кроме того, многие специалисты отмечают наличие существенной специфики бухгалтерского учета в данной отрасли, а также особенности производственного цикла, для которого, как правило, характерно значительное количество проектов, находящихся на различных стадиях реализации.

Информационная система строительной организации представляет собой совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для предоставления современной качественной информационной поддержки управленческих решений. Информационные логистические системы ориентированные на расширение границ управленческого логистического воздействия (как минимум, с микро- на мезоуровень), обеспечение единого информационного поля в цепи постановок.

Использование информационных технологий решает следующие задачи:

- 1) Сокращение времени обработки данных;
- 2) Обеспечение оперативной реакции на задания;
- 3) Оптимизация совокупной стоимости владения информационной системой строительной организации;
- 4) Повышение рентабельности управленческой и операционной деятельности строительной организации;
- 5) Поддержка гарантии качества СМР;

6) Формирование имиджа современной информационно открытой организации;

7) Снижение репутационных рисков.

Особенности автоматизации деятельности строительной организации: большое количество участников и смежных с ним процессов; особенности бухгалтерского и финансового учета; специфика и нестабильность производственного цикла; игнорирование и сопротивление информационно-технологическим нововведениям со стороны сотрудников строительных организаций; артефакты и показатели процессов ключевой строительно-монтажной деятельности проблематично фиксируются.

Для оптимизации бизнес-процессов необходимо: обеспечить достаточный уровень развития физической ИТ-инфраструктуры строительной организации; разработать и внедрить принципы эффективной ИТ-инфраструктуры, интегрированное программное сопровождение на всех этапах управленческого процесса; реализовать политику информационной открытости между участниками цепи постановок.

В табл.1 представлена классификация типов и видов систем автоматизации, используемых в строительных компаниях. Принципиальным является разделение программных продуктов, используемых в сфере строительства, на специализированные системы и системы с интегрированными функциями.

Принцип геоинформационных систем (ГИС) основан на пространственном подходе к объектам управления. Данный вид информационных систем имеет наибольшую применимость и полезность на этапах подготовки и разработки проектов (табл.2).

Таблица 1 - Системы автоматизации бизнес-процессов в строительстве

№ п/п	Название	Особенности системы
Функциональные модули/Специализированные системы		
1	Геоинформационная система (ГИС)	Пространственный подход к объектам управления, привязка к инфраструктурным элементам в масштабах местности
2	Система автоматизированного проектирования (САПР)	Автоматизированное проектирование Формирование первичной информационной модели строительных объектов
3	Системы автоматизации технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО)	Автоматизация процессов мониторинга, контроля и планирования технического обслуживания и ремонта
4	CRM	Автоматизация взаимоотношений с клиентами (потребителями)
Системы с интегрированными функциями		
5	Enterprise Resource Planning (ERP)	Управление ресурсами предприятия на основе межфункциональной интеграции, использования затратного подхода и планирования деятельности
6	Business Performance Management (BPM)	Стратегическое и оперативное управление бизнес-процессами
7	Adaptive Case Management (ACM)	Управление бизнес-процессами в условиях неопределенности

Для решения задач последующих этапов производственного цикла целесообразно ориентиро-

ваться на создание единой информационно-аналитической системы. Решение сложных задач

мониторинга, контроля и планирования требует интеграции с комплексной системой поддержки принятия управленческих решений [2].

Основные недостатки геоинформационной системы:

1) Проблемы при обмене данными с другими системами - пользователь оказывается привязанным к поставщику геоинформационной системы, так как переход к использованию другой системы вызывает массу проблем с переносом накопленного массива данных в другой формат;

2) Наличие ограничений на использование формата данных, часто сопровождающаяся отсут-

ствием официального описания, а также возможность изменения формата правообладателем в любой момент времени, затрудняет или делает невозможной разработку дополнительных модулей для работы с пространственными данными, интеграцию с другими информационными системами.

3) Возможности совместной работы с пространственными данными в компьютерной сети сильно ограничены, обычно на уровне совместного использования файлов данных и тех функций управления доступом к данным, которые предоставляет сетевая операционная система на уровне файловой системы.

Таблица 2 - Возможности геоинформационных систем в управлении производственным циклом при строительстве жилого помещения

№ п/п	Этапы производственного цикла	Возможности ГИС
1	Подготовка проекта	Оценка ресурсного потенциала Подбор земельных участков Проверка соответствия участков с заданными критериями Мониторинг объектов землепользования Оценка зон влияние конкурентов Мониторинг загрузки инженерных сетей
2	Разработка проекта	Привязка строительных объектов к местности Автоматизации проектных работ
3	Реализация проекта	Мониторинг работы строительной техники с использованием Glonass
4	Сдача проекта в эксплуатацию	Мониторинг инженерной инфраструктуры

САПР могут быть использованы на всех стадиях инвестиционно-строительного проекта от обоснования до сдачи объекта в эксплуатацию, также электронная документация может потребоваться при ремонте или реконструкции объекта.

Самые популярные платформы на российском рынке: 1С: Предприятие 8, MSShapePointProjectPerformancePoint, IBM Cognos, MSDynamics, OracleHyperionSAP.

Наиболее востребованным классом в строительстве является ERP-системы. Данные системы выполняют ведение конструкторских и технологических спецификаций, формирование планов продаж и производства, планирование производственных мощностей, потребностей в материалах и комплектующих, управление проектами, запасами и закупками, оперативное управление финансами.

ERP имеет длительный производственный цикл, что затрудняет применение систем. Ведь каждая ERP-система направлена на регулярный характер воспроизводства с четко определенной системой учета и прогнозов. В строительстве не всегда удается достичь нужного уровня определенности.

Актуальным трендом развития автоматизации деятельности предприятий является системы BPM класса. Одно из неоспоримых преимуществ BPM-систем – возможность интеграции с различными программными решениями. Они позволяют увеличить гибкость создаваемых моделей бизнес-процессов [1].

На рис. 1 показаны принципиальные отличия между информационными системами ERP и BPM

классов по следующим показателям. Принципиальным отличием является то, что системы BPM основаны на процессном подходе, а информационные системы ERP класса на ресурсном подходе.

Экономическая среда имеет высокий показатель неопределенности. Поэтому для принятия управленческих решений требуется выявить и оценить экономические риски. Для этого необходимо использовать автоматизированные системы адаптивного управления (АСМ-системы). АСМ-системы ориентированы на повышение эффективности управления неструктурированными бизнес-процессами. Адаптивность и гибкость, простота и гибкость АСМ дает ей явные преимущества перед другими системами управления.

Управление неструктурированными бизнес-процессами в автоматизированной системе АСМ состоит из следующих этапов:

- 1) Выделение ключевых бизнес-процессов: группировка в кейсы;
- 2) Регистрация процессов;
- 3) Определение регламентов ключевых бизнес-процессов (порядок исполнения, нормативы, метрики);
- 4) Формирование базы данных кейсов: характеристика, содержание, дополнительные записи (тип процедуры, категория, дата, участники, ответственный, приоритет, количество, результат);
- 5) Управление бизнес-процессами на основе данных (руководство: управление и контроль, сотрудники: планирование времени, потока работ);
- 6) Выявление факторов нестабильности процессов, оценка рисков.

7) Настройка на новые события и регламенты.

В заключении можно сделать вывод, что информационная поддержка управления рисками строительной организации возможна только на основе комплексной автоматизированной системы. Проведенный анализ показывает, что на данном этапе при организации информационной системы строительной организации в условиях экономиче-

ской неопределенности целесообразно выбрать класс ВРМ-систем, которые достаточно широко распространены на рынке и имеют высокую степень функциональности. При этом стоит отметить, что не в каждой строительной компании управленческие процессы подвластны структуризации. В будущем перспективу имеют автоматизированные системы адаптивного управления.

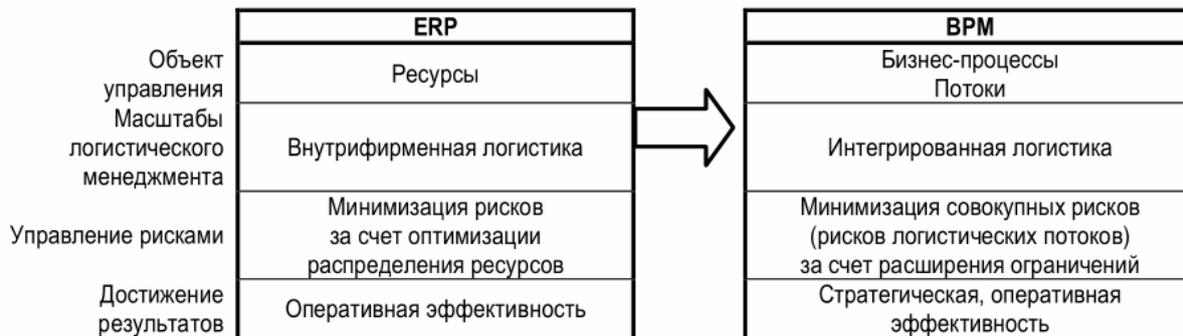


Рис. 1. - Сравнительный анализ ERP- и ВРМ-систем

Библиографический список

1. Дубова, Н. Все о ВРМ [Электронный ресурс] / Н. Дубова // Открытые системы. СУБД. - 2013.

2. Журкин И. Г., Шайтура С. В. Геоинформационные системы. — Москва: Кудиц-пресс, 2010.— 272 с.

УДК 514.181.24+692.445

КРИВЫЕ ВТОРОГО ПОРЯДКА В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРНЫХ ОБОЛОЧЕК

CONIC CURVES IN PROBLEMS OF COMPUTER MODELING ARCHITECTURAL MEMBRANES

Короткий В.А., к.т.н., доцент, Усманова Е.А., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Предложен способ компьютерного моделирования оболочки, опирающейся на трехзвенный или четырехзвенный контур (плоский или пространственный), содержащий сегменты конических сечений. Для формирования поверхности используется однопараметрическое множество кривых второго порядка с переменным эксцентриситетом.

Abstract. The method of computer modeling of the shell resting on three or four contour (flat or spatial) containing segments of conic sections. For the surface used one-parameter set of curves of the second order with variable eccentricity.

Ключевые слова: гладкая оболочка, сегмент конического сечения, кинематический способ, образующая кривая, направляющая кривая, соприкасающаяся поверхность.

Keywords: smooth shell, a segment of a conic section, kinematic way, forming a curve, the guide curve, touching the surface.

Современные методы конструирования и расчета архитектурных поверхностей (оболочек), удовлетворяющих заданным условиям формообразования или эстетическим критериям, в последнее время заметно смещаются в направлении использования средств и методов вычислительной геометрии. Алгоритмы вычислительной геометрии, оперирующие разнообразными сплайн-функциями, положены в основу математических ядер современных графически ориентированных САПР [1].

Тем не менее, при формировании однозначно заданных поверхностей, не имеющих больших градиентов по отношению к некоторой базовой плоскости, графические или графоаналитические алго-

ритмы могут оказаться предпочтительнее вычислительных методов. В основе традиционного графического алгоритма лежит принцип кинематического формообразования, когда поверхность представляется однопараметрическим множеством образующих ее линий.

В строительстве и архитектуре широко применяются разнообразные линейчатые поверхности, образованные движением прямолинейной образующей (алгебраической кривой первого порядка) по заданным направляющим. В вычислительных алгоритмах формирования составных кусочно-гладких поверхностей (Кунса, Безье и др.) используются кубические параболы (алгебраические кри-

вые третьего порядка). Покажем, что алгебраические кривые второго порядка также могут быть эффективно использованы для формирования гладких поверхностей (оболочек).

Пусть требуется сконструировать гладкую (всюду дифференцируемую) поверхность, опирающуюся на прямоугольный фундамент $ABCD$ и касающуюся боковых граней призмы, построенной на этом контуре как на основании (рис. 1, а).

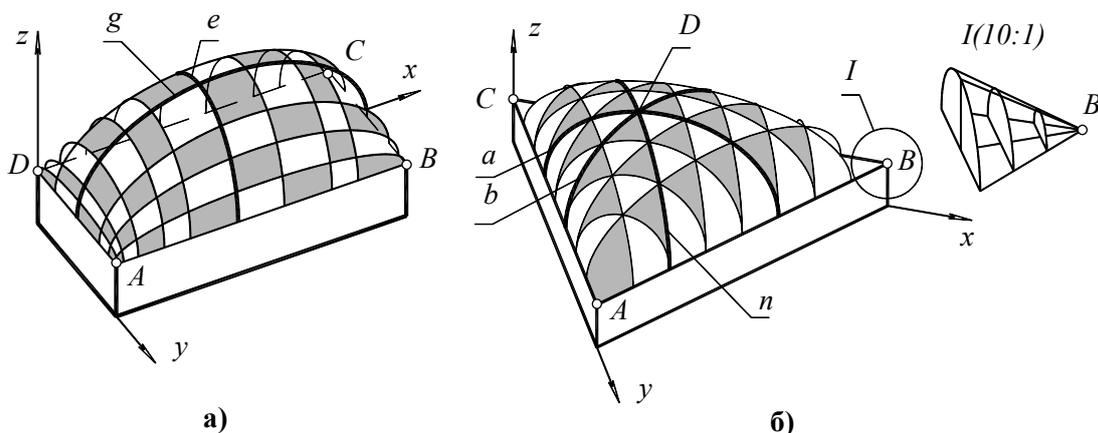


Рис. 1. - Эллиптический купол: а – на прямоугольном фундаменте, б – на треугольном фундаменте

Поверхность формируется при параллельном перемещении образующего полуэллипса e по направляющей g . Кривая e , скользя по g , изменяет свою форму от полуэллипса до прямой AD или BC . Поверхность содержит два семейства образующих. Первое семейство состоит из множества полуэллипсов $e||zy$, опирающихся на стороны AB и CD фундамента. Множество полуэллипсов переменного эксцентриситета, параллельных плоскости xz , составляет второе семейство линий каркаса поверхности. Поверхность, образованная двумя семействами эллипсов, может быть названа *эллиптическим куполом*. Купол плавно сопрягается с вертикальными фундаментными стенами [2].

Покажем, что эллиптический купол на прямоугольном фундаменте описывается алгебраическим уравнением четвертого порядка. Принимая $AB=CD=2a_0$, $AD=BC=2b_0$ и обозначив высоту купола c_0 , получаем уравнение поверхности эллиптического купола в виде

$$\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} + \frac{z^2}{c_0^2} - \frac{x^2 y^2}{a_0^2 b_0^2} = 1$$

где параметр $c^2 = b_0^2(1 - y^2/b_0^2)$ изменяется от c_0^2 (при $y=0$) до нуля (при $y=\pm b_0$).

Сечение поверхности плоскостью $z=0$ распадается на две пары параллельных прямых: $x=\pm a$, $y=\pm b$, что соответствует форме прямоугольного основания. В сечениях вертикальными плоскостями $x=a$, $y=b$ ($a \leq a_0$, $b \leq b_0$) получаем два семейства эллипсов с переменным эксцентриситетом. Пренебрегая в бесконечно малой окрестности угловой точки слагаемыми третьего и четвертого порядков малости, получаем вместо уравнения купола уравнение эллиптического конуса $z^2/c_0^2 = 4xy/a_0b_0$ с осью $x=y$, $z=0$ и вершиной в угловой точке. Таким образом, в малой окрестности угловой точки поверхность купола на прямоугольном фундаменте близка к конической поверхности второго порядка.

Для формирования сетчатого каркаса гладкой куполообразной поверхности, опирающейся на треугольное основание (фундамент), также могут быть эффективно использованы сегменты кривых второго порядка с переменным эксцентриситетом.

Пусть требуется сконструировать гладкую (всюду дифференцируемую) выпуклую поверхность, опирающуюся на треугольный контур ABC и касающуюся боковых граней прямой призмы, построенной на этом контуре как на основании (рис. 1, б).

В качестве дополнительного условия, конкретизирующего задачу, может быть указана либо высота купола, либо характерная точка, через которую должна проходить проектируемая поверхность. Для построения каркаса поверхности предлагается использовать кривые второго порядка.

В вертикальной плоскости, параллельной AC и проходящей через заданную высшую точку D купола, вычерчиваем полуэллипс n , опирающийся концами своего главного диаметра на стороны AB , BC и проходящий через точку D . Выделяем пучок вертикальных плоскостей, параллельных стороне BC , и в плоскостях пучка вычерчиваем образующие полуэллипсы a , опирающиеся своими вершинами на стороны AC , AB и пересекающие направляющий эллипс n . Образующие a заполняют поверхность эллиптического купола на треугольном фундаменте. Произвольная образующая конструируемой поверхности вычерчивается как кривая второго порядка, заданная тремя точками и касательными, указанными в двух заданных точках [3]. В силу симметрии, имеется еще одно (третье) семейство эллиптических образующих b , лежащих в вертикальных плоскостях, параллельных стороне AB .

Составим уравнение оболочки, опирающейся на равнобедренный прямоугольный треугольник ABC с катетами, равными единице. Оболочка должна иметь вертикальные касательные плоскости вдоль сторон основания ABC и проходить через некоторую заданную точку D (см. рис. 1, б). Че-

рез точку T , “бегущую” по направляющей n , проходит эллипс

$$\frac{(x-p)^2}{p^2} + \frac{z^2}{q^2} = 1, \quad y=y_0, \quad (1)$$

где величины полуосей p и q полностью определяются координатами точки T . Из (1) находим координату z точки T , “бегущей” по направляющей t :

$$z^2 = \varepsilon(x - \delta \cdot x - x^2), \quad (1')$$

где $\delta = y_0$, $\varepsilon = q^2/p^2$.

Образующий эллипс e , проходящий через T , описывается уравнением

$$\frac{(y-a)^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1, \quad (2)$$

где величины полуосей a и b зависят от положения подвижной точки T . Чтобы найти зависимость b от x , подставим в (1) выражение $y=y_0=\delta$, а вместо z — выражение (1'). Получаем

$$\frac{1}{b^2} = \frac{4\delta}{\varepsilon x(1-x)^2}. \quad (3)$$

Подставляя (3) в (2) и учитывая, что $2a=1-x$, окончательно получаем уравнение конструируемой поверхности:

$$xy^2 - xy + x^2y + \frac{\delta}{\varepsilon}z^2 = 0. \quad (4)$$

Таким образом, эллиптический купол на треугольном фундаменте описывается алгебраическим уравнением третьего порядка. Положив в (4) $z=0$, получаем уравнения трех прямых: $x=0$, $y=0$, $y=1-x$, что соответствует форме равнобедренного

прямоугольного треугольника ABC , лежащего в основании купола. Положив в (4) $x=const$, получаем уравнение эллипса. Аналогичным образом, положив $y=const$ или $y-x=const$, также получаем уравнения эллипсов, что доказывает наличие трех семейств эллиптических образующих на конструируемой поверхности. Если в (4) пренебречь слагаемыми третьего порядка малости, то в малой окрестности l угловой точки A получаем уравнение $z^2 \delta / \varepsilon = xy$, описывающее поверхность эллиптического конуса с осью $x=y$, $z=0$ и вершиной в точке A (см. рис. 1, б). Следовательно, в малых окрестностях угловых точек A , B , C поверхность оболочки близка к конической поверхности второго порядка.

В современной архитектуре могут использоваться поверхности, имитирующие естественные природные формы. При этом ставится задача “натягивания” оболочки на плоский или пространственный криволинейный контур, образованный, в частности, сегментами конических сечений. Покажем, что в этом случае поверхность оболочки может быть построена с помощью кривых второго порядка в качестве основных формообразующих элементов.

Пример 1. Требуется построить поверхность, опирающуюся на плоский контур $MNKL$ и проходящую через сегменты эллипса e и гиперболы g , лежащие в профильных плоскостях. В плоскости симметрии zx указана коньковая линия l конструируемой поверхности (рис. 2, а).

Поверхность образована движением образующей (кривой второго порядка), скользящей по направляющей l и плавно изменяющей свою форму от гиперболы g до эллипса e . Три точки образующей, лежащие на направляющих MN , KL , l (три степени свободы), определяются значением координаты x .

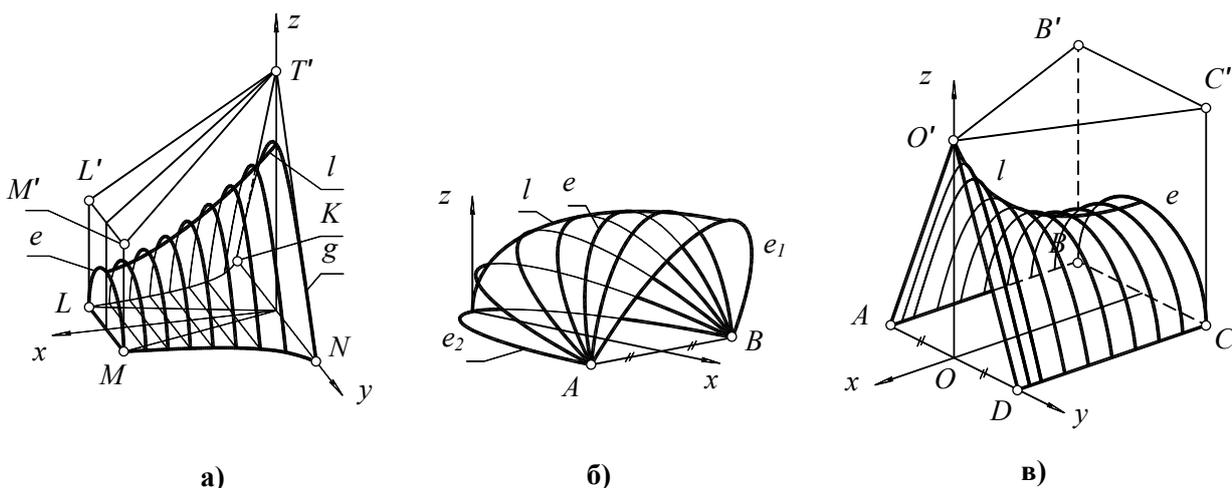


Рис. 2 - Архитектурные оболочки: а – на составном основании, б- на эллиптическом основании, в – на прямоугольном основании

Для фиксации двух оставшихся степеней свободы указываем симметрично расположенные ко-

ноиды $\eta(MN, M'T')$ и $\psi(KL, L'T')$ с плоскостью параллелизма yz , соприкасающиеся с конструируе-

мой оболочкой вдоль сторон MN , KL основания. Прямолинейные образующие $M'T'$ и $L'T'$ соприкасающихся коноидов проходят через точку T' пересечения касательных к входному опорному контуру g и через точки M' , L' на вертикальных касательных к выходному контуру e . При изменении положения точек M' , L' меняется "полнота" конструируемой оболочки.

Пример 2. Требуется смоделировать оболочку, "натянутую" на коньковую линию l и на опорные эллипсы e_1 , e_2 (рис. 2, б). Поверхность образована вращением кривой второго порядка e вокруг оси AB , где A, B – точки пересечения кривых e_1 , e_2 . Поверхность купола симметрична относительно плоскости zx , поэтому в процессе вращения вершина образующей e "скользит" по направляющей l ; при этом e плавно меняет свою форму от e_1 до e_2 , во всех промежуточных положениях оставаясь кривой второго порядка. Направляющие поверхности η и ψ вырождаются в плоскости, касающиеся конструируемой оболочки в узлах A , B .

Пример 3. Требуется сформировать гладкую оболочку, "натянутую" на опорный треугольник $AO'D$ и полуокружность e (рис. 2, в). Иначе говоря, надо обеспечить гладкий переход от треугольного к круговому поперечному сечению. Переходная поверхность образуется движением кривой второго порядка, скользящей по заданной направляющей l и плавно изменяющей свою форму от вырожденной гиперболы $AO'D$ до окружности e . Как и в пре-

дыдущем примере, три точки этой кривой определяются значением координаты x . Для фиксации двух оставшихся степеней свободы указываем симметрично расположенные гиперболические параболоиды $\eta(DC, O'C')$ и $\psi(AB, O'B')$ с плоскостью параллелизма uz , соприкасающиеся с конструируемой оболочкой вдоль сторон DC , AB основания. При изменении положения точек B' , C' меняется "полнота" конструируемой оболочки.

Заключение. Предложен графоаналитический способ компьютерного геометрического моделирования поверхности как однопараметрического множества сегментов конических сечений с переменным эксцентриситетом. Способ может найти применение при проектировании архитектурных оболочек неканонических форм.

Библиографический список

1. Голованов, Н.Н. Геометрическое моделирование: научное издание / Н.Н. Голованов. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2012. – 472 с.
2. Короткий, В.А. Применение кривых второго порядка для конструирования гладких каркасно-сетчатых поверхностей / В.А. Короткий, Е.А. Усманова // Вестник ЮУрГУ. Серия "Строительство и архитектура". – 2014. – т. 14, №3. – С. 45-48.
3. Короткий, В.А. Синтетические алгоритмы построения кривой второго порядка / В.А. Короткий // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2014. - №11. – С. 20-24.

УДК 699.844

ИННОВАЦИИ КНАУФ ДЛЯ КОМФОРТНОЙ АКУСТИКИ INNOVATIONS KNAUF FOR COMFORTABLE ACOUSTICS

Бутакова М.Д., к.т.н., доцент, Осипова М.В., студентка

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Хорошая слышимость – одно из важнейших требований, которому должны удовлетворять помещения различного назначения: офисы, квартиры, учебные заведения, кинотеатры, рестораны, спортивные сооружения, концертные залы, аэропорты, вокзалы и т.д.

Акустика в помещении зависит от: размеров помещения, его формы и отделочного материала. Выбор отделочного материала является главным методом достижения акустического комфорта.

Компания КНАУФ производит и поставляет на рынок различные акустические материалы, конструкции и технологии, которые успешно решают задачу комфорта в помещении.

Abstract. Good audibility – one of the most important requirements that must be satisfied for various premises: offices, apartments, schools, movie theaters, restaurants, sports co-armed, concert halls, airports, train stations, etc.

The acoustics in the room depends on: room size, shape and finishing material. The choice of finishing material is the main method to achieve acoustic comfort.

Knauf company produces and markets a variety of acoustic materials, constructions and technologies that meet the challenges of indoor comfort.

Ключевые слова: акустика, компания КНАУФ, конструкции и технологии, звукоизоляция, перегородка, облицовка, подвесной потолок, суперпол.

Keywords: acoustics, Knauf company, constructions and technologies, soundproofing, bulkhead, facing, suspended ceiling, superfield.

Не секрет, что благополучие современного делового человека во многом определяется степенью его удовлетворенности окружением своего рабочего места и акустический комфорт оказывает огромное влияние на работоспособность человека. Ощущение общего благополучия обеспечивается созданием индивидуальных звукоизолированных помещений.

Важный элемент решения задачи звукоизоляции – разработка стен и перегородок, обеспечивающих эффективное снижение проникающих уровней шума. Перегородки разделяют внутренний объем на помещения, различные по своему функциональному назначению.

К числу важнейших эксплуатационных параметров перегородок относится обеспечение необходимого уровня звукоизоляции, препятствующего передаче звука из одного помещения в другое.

Перегородка с трехслойными обшивками из КНАУФ-суперлистов С 363 (Рис.1) и перегородка с двухслойными обшивками из КНАУФ-листов С 115 (Рис.2) имеют индексы звукоизоляции 60дБ и 61дБ соответственно.

Данные перегородки, благодаря высокому индексу звукоизоляции могут применяться не только в офисах, но и в жилых зданиях, гостиницах, административных зданиях, больницах санаториях, учебных заведениях, детских дошкольных учреждениях.

Важным, с нашей точки зрения, является решение проблемы звукоизоляция от воздушного шума. Воздушный шум – это шум, который распро-

страняется по воздуху. Когда звуковая волна встречает препятствие, часть звуковой энергии отражается, а часть проходит сквозь него. Таким образом, препятствие уменьшает уровень шума.

Для повышения звукоизолирующей способности стен применяются многослойные конструкции (Рис.1, Рис.2), выполненные из материалов, резко отличающихся по своим физическим свойствам.

В качестве звукоизоляционного материала применены КНАУФ-листы, чем больше их плотность, тем выше звукоизоляция. А также, в зависимости от назначения, КНАУФ-листы могут быть влагостойкие и с повышенной сопротивляемостью воздействию открытого пламени. Наличие между перегородками элементов из звукопоглощающего материала приводит к уменьшению проникновения звука в соседнее помещение, а также снижают уровень шума, производимого в соседнем помещении.

Проблема достижения комфортной акустической среды в больших шумных мегаполисах приобретает сегодня чрезвычайную остроту. Серьезную угрозу спокойствию могут представлять внешние стены.

Применение однослойной облицовки из КНАУФ-листов С 625 (Рис.3) поможет улучшить звукоизоляцию.

Необходимо также решить проблему звукоизоляция пола с помощью комплексных систем КНАУФ. Звукоизоляция от ударного шума является основной проблемой, которую необходимо решить еще на стадии проектирования объекта.

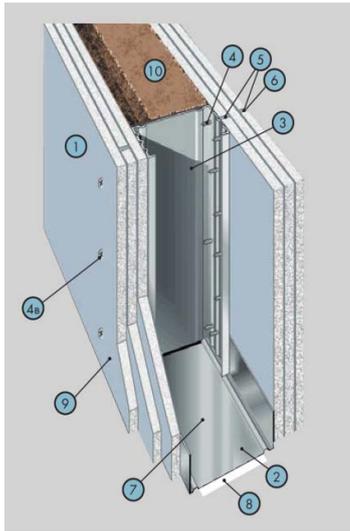


Рис.1. - Перегородка с трехслойными обшивками из КНАУФ-суперлистов С 363.

1-КНАУФ-суперлист (ГВЛ,ГВЛВ); 2-КНАУФ-профиль ПН 75/40; 3- КНАУФ-профиль ПС 75/50; 4-винт; 5-шпаклевка КНАУФ-Фуген ГВ; 6-лента армирующая; 7-дюбель К 6/35; 8-лента уплотнительная; 9-грунтовка КНАУФ-Тифенгрунд; 10-Минераловатная теплоизоляция нового поколения по технологии ECOSEKnaufInsulation Акустическая перегородка

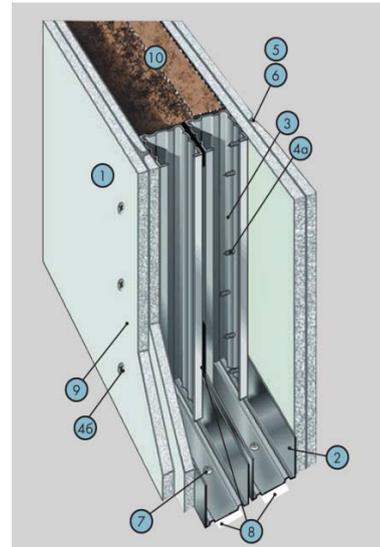


Рис.2. - Перегородка с двухслойными обшивками из КНАУФ-листов С 115

1-КНАУФ-лист (ГКЛ,ГКЛВ,ГКЛО); 2-КНАУФ-профиль ПН 50/40; 3- КНАУФ-профиль ПС 50/50; 4-шуруп; 5-шпаклевка КНАУФ-Фуген; 6-лента армирующая; 7-дюбель К 6/35; 8-лента уплотнительная; 9-грунтовка КНАУФ-Тифенгрунд; 10-Минераловатная теплоизоляция нового поколения по технологии ECOSEKnaufInsulation Акустическая перегородка

Ударным называется шум, который возникает в результате удара или при любом другом механическом воздействии на конструкцию. Материалы,

которые используются для изоляции ударного шума, звуковую волну не поглощают, а отталкивают, заставляя ее терять энергию.

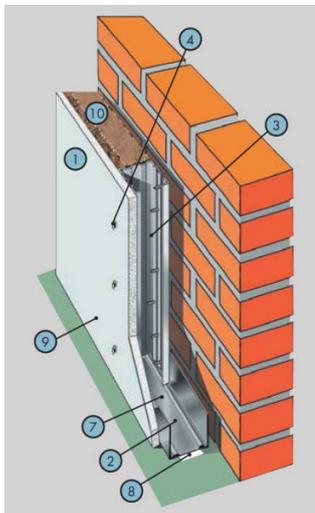


Рис. 3 - Однослойная облицовка из КНАУФ-листов С 625

В большинстве реальных случаев сама по себе плита перекрытия не может обеспечить снижения уровней ударного шума до нормативных значений величин. Для того чтобы выполнить нормативные требования, необходимо устройство на

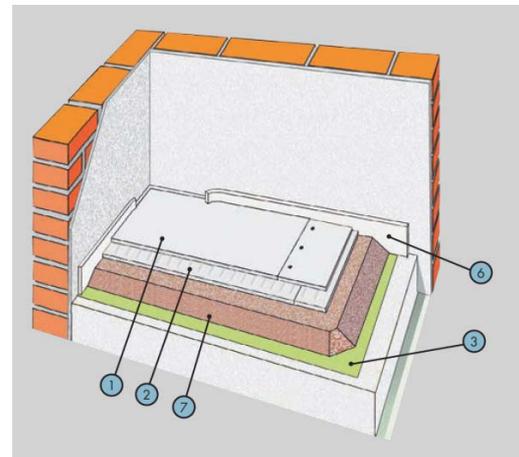


Рис.4 - КНАУФ-суперпол ОП 131
1-элемент пола; 2-мастика клеящая;
3-пленка полиэтиленовая; 6-лента кромочная;
7-засыпка сухая «Компэвит» (по потребности заказчика)

несущей плите перекрытия дополнительной конструкции пола.

Наиболее эффективный способ устройства такой конструкции – это применение комплексной системы КНАУФ-суперпол ОП 131 (Рис.4).

В качестве комплектующих КНАУФ-суперпол ОП 131 (Рис.4) применялись следующие материалы:

- Материал для разделительного слоя – полиэтиленовая пленка. Устраивается, между бетонным основанием и сухой засыпкой.
- В качестве тепло- и звукоизолирующего слоя применяются минераловатные или пенополистирольные плиты, иглопробивные маты из минеральных волокон и вспененного полиэтилена.
- Для заделки стыков использовалась шпаклевка КНАУФ-Фуген ГВ. Она предназначена заделки стыков между КНАУФ-суперлистом и элементами пола, сплошного шпаклевания поверхности, заделки сколов, глубоких царапин и мест крепления ГВЛ.
- Демпфирующую и звукоизолирующую функции выполняет лента кромочная. Она прокладывается по периметру комнаты.
- Мастика склеивает листы друг с другом в процессе монтажа.

КНАУФ-суперполы являются беспустотными, легко и быстромонтируемыми конструкциями сухой сборки и предназначены для устройства в жилых и общественных зданиях, а также в офисных и вспомогательных помещениях производственных зданий. С требованиями к звукоизоляции перекрытий: индексом изоляции воздушного шума (R_w) до 56 дБ – величина, служащая для оценки звукоизолирующей способности ограждения и индексом приведенного уровня ударного шума (L_{pw}) до 47 дБ – величина, служащая для оценки изолирующей способности перекрытия относительно ударного шума одним числом.

Звукоизоляция от ударного шума заключается в уменьшении звука, возникающего вследствие шагов по поверхности пола или любого другого механического воздействия на конструкцию. Ее значение определяется уровнем звука, возникающего в нижнем помещении в результате механического воздействия на поверхность пола в верхнем помещении. Подвесной потолок может улучшить характеристики звукоизоляции от ударного шума. При улучшении характеристик изоляции необходимо всегда учитывать конкретный тип конструкции перекрытия.

Решить проблему звукоизоляции потолка также можно с помощью комплексных систем КНАУФ. Огромное влияние на атмосферу интерьера оказывает потолок. Он всегда притягивает взгляд как художественный дизайн-объект, зонировует пространство и задает определенное настроение.

Тот факт, что выразительная оптика прекрасна совместима со звукоизоляционными и противопожарными свойствами, уже неоднократно был подтвержден многочисленными объектами, сооруженными с использованием систем КНАУФ-Файерборд П 233 (Рис.5), КНАУФ-листов П 131 (Рис.6), КНАУФ-Акустика П 127 (Рис.7) и других.

Осуществляя мероприятия по корректировке акустических свойств помещений, необходимо учитывать различную специфику для случаев, когда источник звука и слушатель находятся в различных помещениях или в одном и том же помещении. В первом случае защита обеспечивается преимущественно за счет звукоизоляции, а во втором – за счет звукопоглощения.

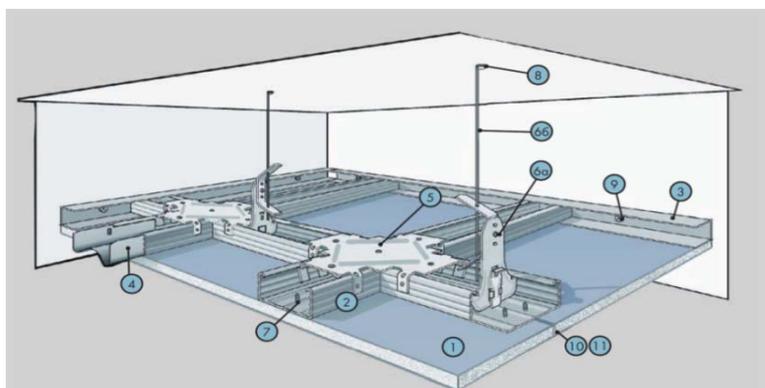


Рис.5 - Подвесной потолок из негорючих плит КНАУФ-Файерборд П 233.
1-КНАУФ-Файер-борд

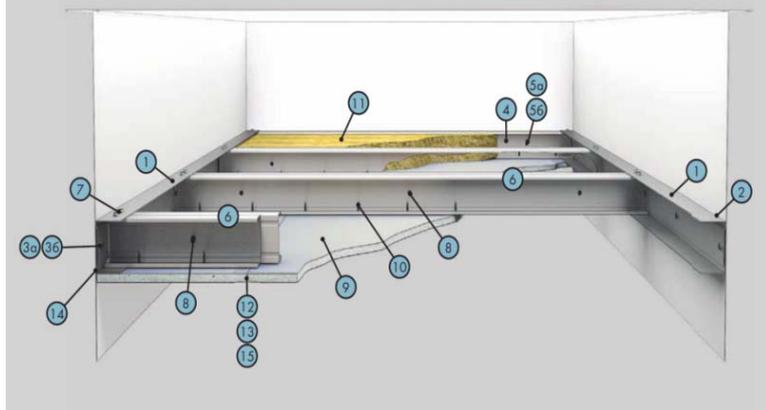


Рис.6 - Само-несущий подвесной потолок из КНАУФ-листов П 131.
1-лист гипсокартонный ГКЛ (ГКЛВ, ГКЛО) или лист гипсоволокнистый ГВЛ (ГВЛВ); 11-изоляционный материал

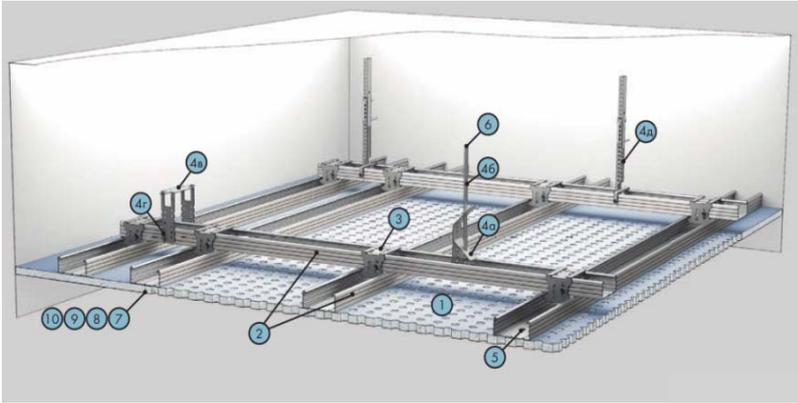


Рис.7 - Подвесной потолок с применением звукопоглощающих плит КНАУФ-Акустика П 127
1-КНАУФ-Акустика

Самым простым и рентабельным способом достижения комфортной звуковой среды является установка акустической потолочной системы, обеспечивающей высокую степень звукопоглощения.

Характеристики, влияющие на распространение шума:

1. Звукопоглощающие материалы – это материалы, имеющие сквозную пористость и характеризующиеся относительно высоким коэффициентом звукопоглощения α . Коэффициент звукопоглощения – отношение поглощенной звуковой энергии к падающей. Он изменяется от 0 (полное отражение) до 1 (полное поглощение). Звукопоглощение служит для уменьшения отраженной звуковой энергии.

Звукопоглощающие материалы:

- Минеральная вата

Используют преимущественно в тех случаях, когда предъявляются требования относительно противопожарной защиты, а также, когда следует обеспечить особенно эффективное поглощение звука в низкочастотном диапазоне.

- Полое воздушное пространство

Расстояние между подвесным акустическим подвесным потолком и несущим перекрытием имеет решающее значение для определения коэффициента звукопоглощения. При высоте подвешивания <100 мм значения коэффициента звукопоглощения смещаются в сторону высокочастотного диапазона. Наличие слишком большого полого воздушного пространства ведет к повышению коэффициента звукопоглощения в низкочастотном диапазоне. Начиная с полого воздушного пространства, равного 500 мм, величины меняются весьма незначительно.

- Перфорированные плиты

Перфорация: Globe: 10,2%, Quadril: 13%, Micro: 10,2%, Tangent: 21,3%, Regula: безперфорации.

Небольшие помещения с обычной высотой потолка и обычной плотностью расстановки мебели оборудуются гладкими плитами (Regula), поглощающие низкочастотные звуки.

В помещениях большей площади следует использовать перфорированные плиты (Globe, Quadril, Micro).

В помещениях площадью более 200 м², следует использовать панели с перфорацией в виде мелких отверстий (Micro).

В помещениях с высоким потолком необходимо регулировать звук соответствующими поверхностями потолка и стен, расположенными на уровне выше обычной высоты этажа. Или использовать конструкцию подвесного потолка.

2. Процесс реверберации представляет собой спадание звуковой энергии в замкнутом помещении после отключения источника звука (рис.8).

3. Соотношение между площадью отверстий и общей площадью поверхности

Исходя из накопленного опыта, при соотношении между площадью отверстий и общей площадью поверхности в пределах 10-15% коэффициент звукопоглощения оказывается максимальным. Если соотношение между площадью отверстий и общей площадью поверхности <10%, коэффициент звукопоглощения снижается в области высоких частот и остается постоянным на низких частотах. Абсолютно противоположная зависимость наблюдается при соотношении между площадью отверстий и общей площадью поверхности > 15%.

- 4. Размеры отверстий

При одинаковом соотношении между площадью отверстий и общей площадью поверхности акустические дизайнерские плиты КНАУФ с большим количеством мелких отверстий обеспечивают лучшее поглощение в высокочастотном диапазоне.

Преимущества подвесных потолков КНАУФ состоят в следующем:

- Такие конструкции позволяют получить высокое поглощение звука в широком диапазоне частот и применяются в помещениях различного назначения.

- Подвесные потолки избавляют от вертикальной звукоизоляции воздушного и ударного шумов.

- Большое преимущество перфорированных конструкций заключается в простоте их монтажа, а также в хороших возможностях архитектурно-декоративных решениях интерьера.

Таким образом, продукты КНАУФ создают комфорт для людей, обеспечивая превосходную акустическую среду. А также позволяют разрабатывать интерьеры в любых помещениях на высоком эстетическом уровне.

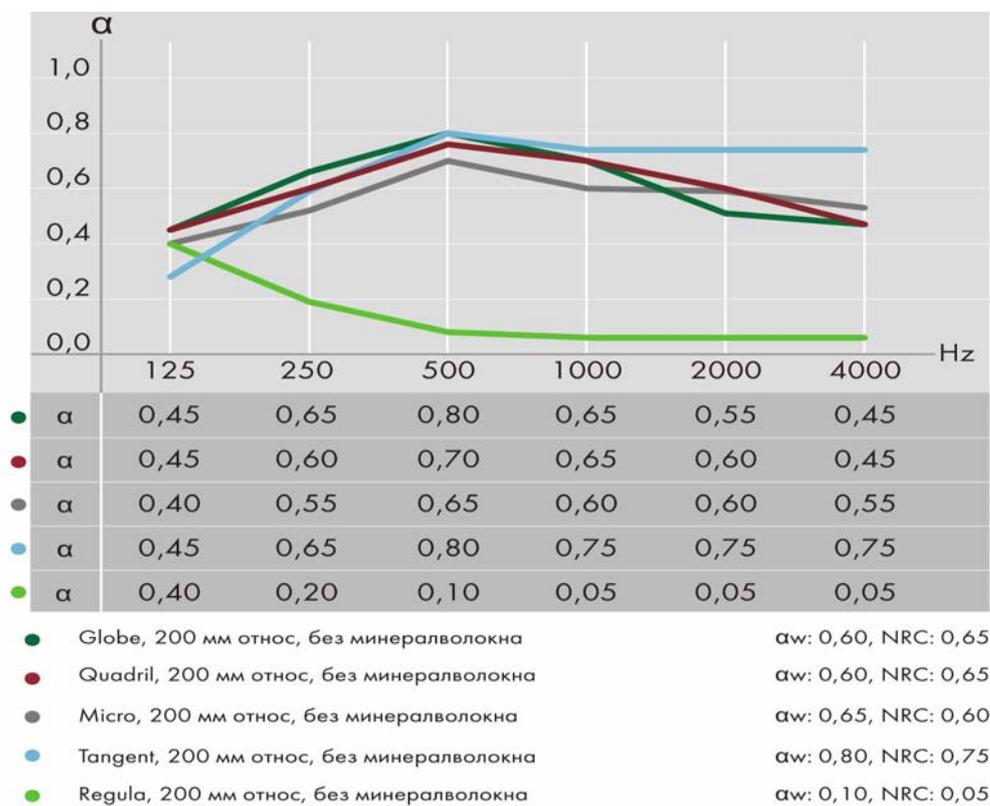


Рис.8 - Зависимость коэффициента реверберации от частоты представлена для плит с различными соотношениями между площадью отверстий и общей площадью поверхности

Библиографический список

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): справочник / под общей ред. А.В. Ферро-нской. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 488 с.
2. Доктор Хайнер Гамм. Современная отделка помещений с использованием комплектов систем КНАУФ. Учебное пособие по качественной отделке помещений. – М.: РИФ «Стройматериалы». 2009 – 92 с.

УДК 691.328:620.193

РЕГУЛИРОВАНИЕ СУЛЬФАТОСТОЙКОСТИ ЦЕМЕНТОВ И БЕТОНОВ ДОБАВКАМИ МИКРОКРЕМНЕЗЁМА REGULATION OF CEMENT AND CONCRETE SULPHATE RESISTANCE WITH SILIKA FUME ADDITIVES

Трофимов Б.Я., д.т.н., профессор, Шулдяков К.В. аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Наиболее распространённым агрессивным воздействием на бетонные и железобетонные конструкции подземных и подводных сооружений считается сульфатная коррозия, связанная с химическими реакциями водных растворов сульфатов с продуктами гидратации цемента. Образующиеся продукты коррозии кристаллизуются в порах бетона с увеличением объёма и вызывают возникновение напряжений, способствующих появлению микротрещин и снижению прочности бетона. Основную роль в формировании продуктов коррозии играет содержание гидроалюминатов кальция и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне. Введение активных минеральных добавок (АМД) при изготовлении бетона и железобетона позволяет уменьшить или полностью предотвратить коррозионное перерождение цемента и разрушение бетона. Одной из наиболее эффективных АМД является промышленный отход - микрокремнезём, свойства которого могут существенно меняться.

Abstract. The most common influence on concrete and reinforced concrete used in underground and underwater structures is sulfate corrosion, which is associated with chemical impact of aqueous sodium sulfate to products of cement hydration. The resulting products of corrosion crystallize in pores of the concrete with volume increase, which causes tensions, contributes to the emergence of micro-cracks, and reduces the strength of concrete. Amount of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and calcium aluminate hydrate has a crucial role on the formation of corrosion products in cement stone. The introduction of active mineral admixtures (AMD) in concrete and reinforced concrete manu-

facturing can reduce or completely prevent corrosion degeneration of cement and concrete destruction. One of the most effective AMD is industrial waste – silica fume, the properties of which can vastly vary.

Ключевые слова: сульфатная коррозия, этtringит, двухводный гипс, гидроксид кальция, трёхкальциевый алюминат, коэффициент стойкости, микрокремнезём.

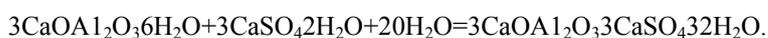
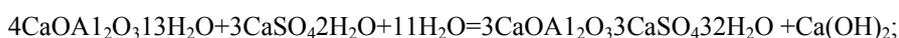
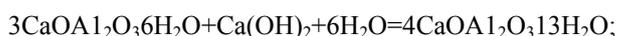
Keywords: sulfate corrosion, ettringite, calcium sulfate dihydrate, calcium hydroxide, tricalcium aluminate, durability coefficient, silica fume.

По классификации В.М. Москвина [1] сульфатная коррозия относится к коррозии III вида и вызывается прохождением химических реакций между растворёнными в воде-среде сульфатами и гидратными соединениями цементного камня - гидроксидом и гидроалюминатами кальция. Под влиянием сульфатных растворов, действующих на бетон (главным образом растворов сульфатов натрия, магния, кальция, калия, аммония, меди) в порах образуются следующие кристаллические продукты коррозии: трёхсульфатная форма гидро-

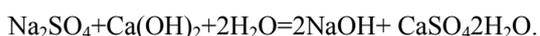
сульфоалюмината кальция или этtringит – «цементная бацилла» (ГСАК-3) $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$, моносulfатная форма гидросульфoалюмината кальция (ГСАК-1) – $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, а также двухводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Реакции образования продуктов коррозии при действии сульфатов можно сгруппировать следующим образом:

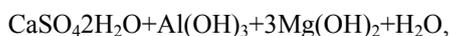
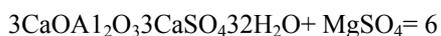
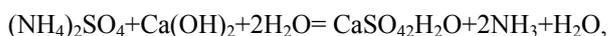
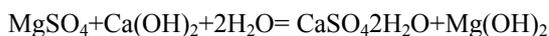
1. Действие растворов сульфатов небольших концентраций (до 1500 мг/л) в присутствии насыщенного раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$:



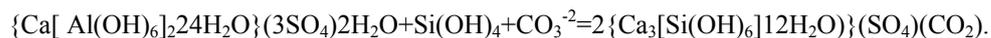
2. Повышение концентрации сульфатов свыше 1500 мг/л вызывает дополнительно прохождение реакции образования двухводного гипса:



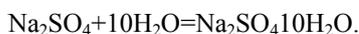
3. Под действием растворов сульфатов магния или аммония происходит снижение щёлочности поровой жидкости вследствие увода гидроксильных ионов из раствора:



4. В условиях воздействия сульфатно-карбонатных вод и пониженной температуры этtringит частично переходит в таумасит:



5. Наличие испаряющих поверхностей с циклическим увлажнением при подпитке растворов сульфатов может привести к периодическому образованию кристаллогидратов с увеличением объёма:



Последующее накопление продуктов коррозии вызывает физическое и физико-химическое воздействие малорастворимых продуктов реакции на стенки пор, появление напряжений и деформации бетона. Сульфатная коррозия относится к одной из наиболее распространённых разновидностей химической коррозии бетона в связи с тем, что в большинстве грунтовых, сточных и морских вод присутствуют растворы сульфатов различной концентрации.. Для повышения сульфатостойкости бетона большое значение имеет связывание гидроксида кальция в C-S-H фазу и способность цементного камня релаксировать напряжения, возникающие при кристаллизации с увеличением объёма продуктов коррозии в порах цементного камня.

Скорость протекания коррозии бетона при действии сульфатных растворов зависит от плотности бетона, препятствующей прониканию агрессивных ионов, минералогического состава цемента, определяющего количество взаимодействующих с сульфатами соединений, концентрации агрессивных ионов, а также жёсткости структурного каркаса и стабильности гидратных соединений цемента. Наибольшее влияние на сульфатостойкость цементного камня в бетоне оказывает содержание алюминатов кальция, при быстром охлаждении клинкера часть алюминатов переходит в состав алюмосиликатного стекла, что повышает сульфатостойкость цемента. Увеличение содержания алюминатов в шлаке шлакопортландцемента не ухудшает его сульфатостойкость также вследствие переводе их в структуру шлакового стекла с последующим переходом при гидратации в гидрогранаты.

Изменение щёлочности жидкой фазы в порах цементного камня под воздействием сульфатных растворов оказывает большое влияние на устойчивость гидратных фаз в условиях образования

продуктов коррозии. Понижение концентрации гидроксида кальция, происходящее под влиянием сульфатов щелочных металлов, может вызвать перекристаллизацию гидратных соединений и повышение растворимости алюминатов вследствие накопления щёлочи в порах бетона. Сульфат магния благодаря снижению щёлочности поровой жидкости уменьшает устойчивость этtringита, но переводит кристаллический элемент структуры $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в аморфный $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Продукты сульфатной коррозии, как правило, формируются с возникновением деформаций расширения из-за увеличения объёма твёрдой фазы. Особенно большие деформации расширения бетона происходят при образовании этих соединений по механизму гетерогенных химических процессов в виде отдельных игл или сферолитов коллоидной степени дисперсности в порах бетона.

Основным способом повышения сульфатостойкости цементного камня и бетона являются: нормирование минералогического состава цемента с уменьшением содержания алюминатов кальция, повышение плотности, диффузионной непроницаемости и снижение открытой пористости бетона и, наконец, уменьшение концентрации гидроксида кальция в поровой жидкости с образованием устойчивых низкоосновных гидросиликатов кальция – при введении в бетона тонкомолотых граншлаков и активных минеральных добавок. При этом формируется микропористая структура с низкой диффузионной проницаемостью, повышенным содержанием гелевидных гидратных новообразований, способных релаксировать медленно нарастающие напряжения и уменьшить скорость роста деформаций расширения цементного камня. Всё это способствует повышению сульфатостойкости бетона. Низкоосновные гидросиликаты кальция могут также проявлять способность адсорбировать алюминаты кальция с постепенным переходом в гидрогранаты, не реагирующие с растворами сульфатов.

Механизм сульфатной коррозии, причины возникновения и развития деформаций расширения, вызывающих в итоге разрушение бетона, остаются дискуссионными. Наиболее обоснованными можно считать представления о разрушении бетона под влиянием кристаллизационного давления, возникающего при росте кристаллов продуктов коррозии под воздействием сульфатных растворов.

Введение добавок электролитов, как правило, снижает сульфатостойкость бетона за счёт низкой устойчивости комплексных алюмосиликатных солей и гидроокисолей кальция, переходящих под воздействием сульфатов в этtringит или двуводный гипс. Адсорбционное модифицирование продуктов гидратации, увеличение степени их дисперсности и снижение диффузионной проницаемости цементного камня при введении в бетон гидрофобно-гидрофильных поверхностно-активных добавок положительно влияет на сульфатостойкость бетона.

В соответствии с общими принципами теории долговечности строительных конгломератов И.А.Рыбьева [2] изменение структуры бетона на портландцементе при сульфатной агрессии протекает в несколько этапов: начинается уже при небольших концентрациях сульфат ионов в омываю-

щей бетон воде (300...500 мг/л) и ускоряется с увеличением концентрации. Первым этапом развития сульфатной коррозии цементного камня и бетона считается растворение продуктов гидратации в сульфатных растворах [3]. Наиболее растворимыми соединениями цементного камня является $\text{Ca}(\text{OH})_2$, концентрация которого достигает насыщения (1,2...1,3 г/л) в поровой жидкости и может увеличиваться под действие растворов сульфатов, повышающих ионную силу раствора. Катионы щелочных металлов, взаимодействуя с гидроксидом, дают едкие щелочи, снижающие растворимость извести и повышающие растворимость глинозёма.

На втором этапе макрокапилляры бетона заполняются продуктами коррозии, что повышает плотность и прочность бетона при сжатии. Лимитирующими факторами на этом этапе коррозии являются:

- Скорость поступления сульфат иона к месту взаимодействия с гидратными соединениями цементного камня – при высокой плотности бетона перемещение ионов находится под диффузионным контролем,
- Концентрация активных цементных минералов на поверхности проводящих агрессивные ионы пор и капилляров,
- Размеры пор, в которых растут кристаллические продукты коррозии.

На третьем этапе возникает давление на стенки пор, в результате чего отмечаются деформации расширения бетона, величина которых зависит от жесткости деформируемой системы. Лимитируют развитие коррозии:

- Скорость изменения давления, зависящая как от концентрации реагирующих веществ, так и от характеристик пористости бетона,
- Способность бетона релаксировать напряжение, зависящая от соотношения гелевой и кристаллической структурных составляющих цементного камня.

Увеличение в порах бетона объёма твёрдой фазы при сульфатной коррозии является необходимым, но не достаточным условием деформаций расширения и разрушения цементного камня. Образование ГСАК-3 может происходить либо из раствора поровой жидкости в виде кристаллизации отдельных игл в порах бетона, либо в виде сферолитов коллоидной степени дисперсности вокруг минералов, образующих это соединение по механизму гетерогенных химических процессов [4,5]. Гомогенное химическое образование этtringита с кристаллизацией из раствора происходит при высокой концентрации всех компонентов этого соединения, ограниченная растворимость может сдерживать этот процесс. Увеличение содержания едких щелочей и температуры повышает растворимость алюминатов и снижает растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$, поэтому, при действии растворов K_2SO_4 или Na_2SO_4 образование ГСАК-3 происходит преимущественно из раствора без значительного расширения цементного камня и бетона. В растворах сульфатов магния или железа увод вследствие взаимодействия с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ гидроксила из раствора снижает щёлочность жидкой фазы и растворимость в ней алюминатных фаз уменьшается. Образование ГСАК-3 происходит топомхимически на

поверхности алюминатов и сопровождается развитием деформаций расширения.

Одним из способов повышения сульфатостойкости бетона является применение активных минеральных добавок, снижающих концентрацию извести в поровой жидкости с 1,2...1,4 г/л до 0,2...0,3 г/л, что вызывает разложение высокоосновных гидроалюминатов и переход их в менее основные с выделением геля $\text{Al}(\text{OH})_3$ [6,7]. Уменьшение основности гидроалюминатов исключает образование ГСАК-3 с возникновением напряжений при сульфатной агрессии, поэтому, чем выше активность минеральной добавки, тем больше может быть содержание C_3A в цементе, достигая 9...11 %.

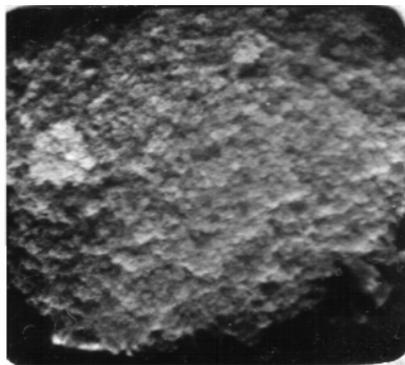
Нами исследовалось влияние активной минеральной добавки микрокремнезёма – отхода производства ферросилиция, на сульфатостойкость цементов с различным содержанием трёхкальциевого алюмината – C_3A . Для этого использовался сульфатостойкий портландцемент Новосохожского завода, содержащий 4 % C_3A , и цементы, изготовленные смешиванием этого вяжущего с тонкомолотым мономинералом C_3A Подольского опытного завода так, чтобы суммарное содержание C_3A составляло 8 и 12 %, и гипсом, добавленным из расчёта 1 % на каждые 2 % дополнительно введённого C_3A .

По линиям поглощения на ИК-спектрограммах, полученных на спектрофотометре Spеcord, микрокремнезём представлен в основном стекловидным кремнезёмом типа обсидиана с небольшим количеством водной разновидности – опала $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Из

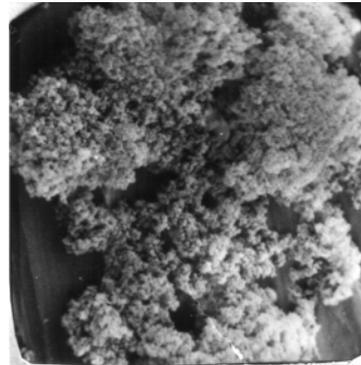
других соединений можно отметить следы железной охры Fe_2O_3 и корунда $-\text{Al}_2\text{O}_3$. Химический анализ даёт следующее содержание основных оксидов: SiO_2 – 80,9...86,5 %, Fe_2O_3 – 0,75...1,1 %, Al_2O_3 – 0,38...1,6 %, CaO – 1,0...1,3 %. Дифференциальный термический и термогравиметрический анализы выявляют наличие экзотермических эффектов при 270-280 °С, 460-470 °С и 550 °С и потери массы при нагреве до 1000 °С – 1,5...1,6 % с максимальной скоростью изменения массы при 270 и 550 °С, чем подтверждаются данные спектрального анализа о том, что основной составляющей отхода производства ферросилиция является безводный аморфный кремнезём.

Плотность микрокремнезёма по результатам пикнометрических определений составляет 2,244 г/см³, средняя насыпная плотность – 0,25 г/см³, площадь удельной поверхности не менее 2500 м²/кг – то есть почти на порядок больше, чем у цемента. На микрофотографиях, полученных с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ-200 (рис. 1) видно, что частицы микрокремнезёма представляют собой высокопористые агрегаты округлых частиц, размером менее 0,1 мкм.

Сравнительная сульфатостойкость портландцементов определялась по методике В.В.Кинда: на каждой разновидности цемента изготавливали по три серии образцов призм 10x10x30 мм из растровой смеси на Вольском песке с соотношением 1:3,5. Одну серию образцов изготовили без добавки, а вторую и третью – с заменой 10 и 15 % цемента микрокремнезёмом.



x6300



x7500

Рис. 1 - Растровые микрофотографии частиц микрокремнезёма

Через 28 суток нормального твердения часть образцов помещали в раствор сульфата натрия с концентрацией сульфатионов 5000 мг/л, а другую часть – в питьевую воду. Агрессивное воздействие сульфатов оценивалось по изменению отношению среднего предела прочности при изгибе образцов, находящихся в сульфатном растворе к прочности контрольных образцов – коэффициенту стойкости (рис. 2,3,4).

Анализ вещественного состава образцов цементного камня в процессе испытаний показал, что характер коррозионных процессов, протекающих в образцах без добавок МК, одинаков и отличается только скоростью. Более длительное сохранение прочности в агрессивной среде образцов на цементе с 12 % C_3A объясняется появлением в начальный период сульфатной агрессии плотного

слоя геля, ограничивающего доступ сульфатионов к цементному камню. ИК-спектры геля с поверхности образцов цементного камня после шести месяцев коррозионных испытаний характеризуются наличием полос 1130, 880, 630, 605 см⁻¹, относящихся к гиббситу.

Рентгенофазовый анализ выявляет ряд структурных особенностей цементного камня, прошедшего коррозионные испытания, по сравнению с контрольными образцами, твердевшими в воде. В цементном камне без добавки МК после двухмесячного воздействия сульфатного раствора обнаруживаются этtringит (0,973, 0,561, 0,388 нм) и гипс (0,756, 0,427, 0,379, 0,316 нм) с одновременным снижением интенсивности отражений негидратированных минералов вследствие их гидратации при любом содержании C_3A в цементе. Увели-

чение продолжительности выдержки образцов в сульфатах вызывает накопление гипса, особенно интенсивно протекающее при 8% C_3A в цементе и снижается содержание свободного $Ca(OH)_2$ (0,491, 0,262, 0,192 нм). На рентгенограммах исчезают отражения этtringита и появляется отражение с

межплоскостным расстоянием 0,208 нм, характерное для глинозёма. Следовательно, разрушение образцов при сульфатной коррозии происходит вследствие полного разложения алюминатов кальция цементного камня.



Рис. 2 - Результаты испытания сульфатостойкости цемента с 4% C_3A и различным содержанием микрокремнезёма.

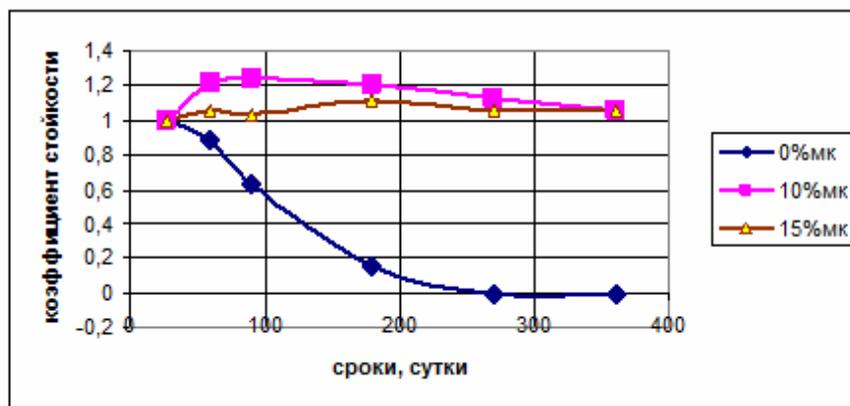


Рис. 3 - Результаты испытания сульфатостойкости цемента с 8% C_3A и различным содержанием микрокремнезёма.

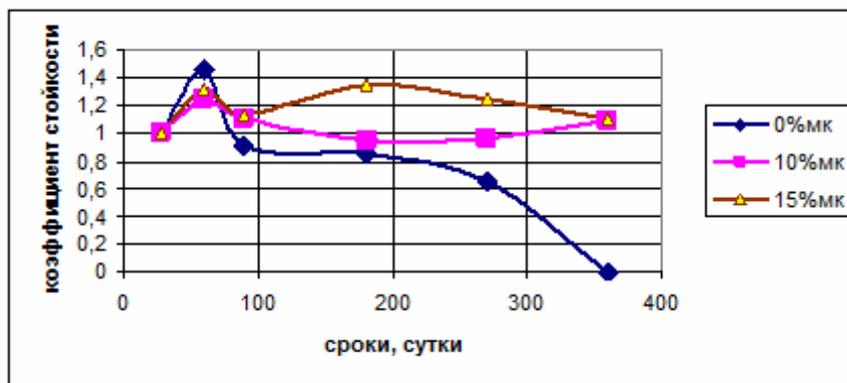


Рис. 4 - Результаты испытания сульфатостойкости цемента с 12% C_3A и различным содержанием микрокремнезёма.

Введение микрокремнезёма значительно уменьшает количество $Ca(OH)_2$ в цементном камне вследствие его связывания в низкоосновные гидросиликаты кальция с отношением $CaO/SiO_2 = 1...1,5$. Формирование структуры цементного камня из низкоосновных гидросиликатов кальция снижает скорость взаимодействия свободного гидроксида кальция с сульфатами, что, вероятно, объ-

ясняется уменьшением скорости проникания сульфат-ионов в цементный камень.

В табл.1 приведено изменение содержания свободного $Ca(OH)_2$ в образцах цементного камня после 6 месяцев испытаний в растворе сульфата натрия с концентрацией 5 г/л. Причины изменения количества свободного гидроксида кальция в цементном камне с добавками микрокремнезёма и

без них различны. В образцах без добавки МК $\text{Ca}(\text{OH})_2$ взаимодействует с сульфатонами агрессивной среды, тогда как в цементном камне с МК

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ взаимодействует с активным кремнезёмом добавки.

Таблица 1 - Содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в % по массе в цементном камне после 6 месяцев коррозионных испытаний

Содержание C_3A в цементе, %	Условия выдерживания					
	В воде			В растворе сульфата натрия		
	Добавка микрокремнезёма в % от массы цемента					
	0	10	15	0	10	15
4	6,9	4,1	1,4	3,3	3,9	0,6
8	8,3	3,4	1,2	5,2	3,2	0,2
12	7,7	3,5	0,9	6,2	2,4	0,2

Увеличение дозировки МК до 15 % приводит к некоторому увеличению скорости обменных реакций между сульфатами и свободным гидроксидом кальция, но так как количество последнего в цементном камне значительно уменьшено взаимодействием с МК, то образуется очень мало продуктов коррозии и они не оказывают отрицательного влияния на прочностные свойства образцов песчаного бетона.

Рентгенофазовый анализ образцов цементного камня с 10 % МК после девяти месяцев коррозионных испытаний показывает присутствие незначительного количества продуктов коррозии, проявляющееся в малоинтенсивных отражениях, принадлежащих этtringиту и гипсу; увеличение дозировки МК до 15 % приводит к полному исчезновению этих отражений на рентгенограммах. Этtringитовый механизм сульфатной коррозии цементного камня в растворах сульфата натрия имеет место только при высокой концентрации свободного гидроксида кальция в цементном камне.

Введение в цемент, содержащий до 12 % C_3A , 10 и 15 % МК позволяет повысить сульфатостойкость цементного камня за счёт связывания свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$, снижения основности гидратных фаз цементного камня и уменьшения его проницаемости. Воздействие сульфатов с концентрацией агрессивного иона 5000 мг/л вызывает образование на поверхности цементного камня геля глинозёма, уменьшающего скорость поступления

сульфатных ионов в образцы, что замедляет химическое перерождение цементного камня.

Для определения влияния добавки МК на сульфатостойкость песчаного бетона 1:3 при $\text{В/Ц}=0,4$ изготавливались образцы 40х40х160 мм на рядовых цементах: ПЦ 400 Д-20 и ШПЦ 300 Коркинского цементного завода и сульфатостойком шлакопортландцементе М 400 Сухоложского цементного завода (СШПЦ 400). Через 28 суток нормального твердения образца помещались в сульфатные растворы различной концентрации и после выдержки испытывались для определения прочности при сжатии и изгибе. Результаты испытаний показали, что образцы без добавок МК на ПЦ400 Д-20, ШПЦ 300 и СШПЦ400 не имели снижения прочности при сжатии и изгибе после 12 месяцев испытаний в сульфатных растворах разной концентрации, а после 18 и 24 месяцев испытаний выявлено падение прочности при сжатии и изгибе в растворах повышенной концентрации (рис. 5,6,7 и табл.2).

На ПЦ 400 Д-20 падение прочности после 18 месяцев испытаний составило: $R_{\text{сж}}$ – 0% при концентрации сульфатов 20г/л и 1,4% при концентрации 34 г/л, а $R_{\text{изг}}$ – соответственно 32% и 46%, после 24 месяцев снижение $R_{\text{сж}}$ составило 5,5% и 15,9%, а $R_{\text{изг}}$ – 43.2% и 44,6%.

На ШПЦ 300 падение прочности после 18 месяцев испытаний составило: $R_{\text{сж}}$ – 0% при концентрации сульфатов 20г/л и 0% при концентрации 34 г/л, $R_{\text{изг}}$ – 32% и 46%, после 24 месяцев соответственно $R_{\text{сж}}$ – 5,5% и 15,9%, а $R_{\text{изг}}$ – 33% и 42,1%.

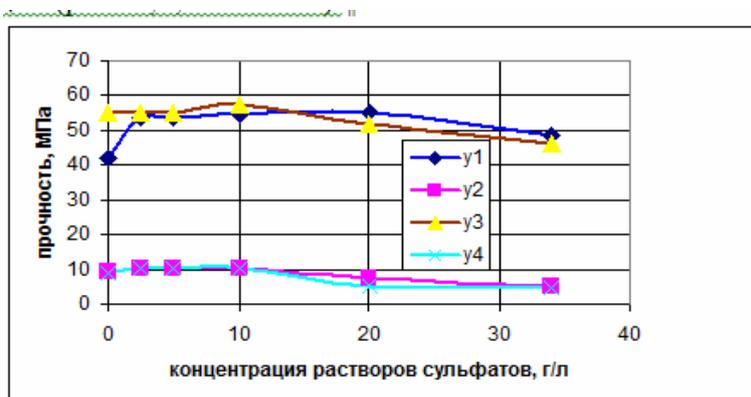


Рис.5 - Изменение прочности образцов на ПЦ 400 Д-20: y1 ($R_{\text{сж}}$), y2 ($R_{\text{изг}}$) – через 18 месяцев испытаний, y3 ($R_{\text{сж}}$), y4 ($R_{\text{изг}}$) – через 24 месяца испытаний

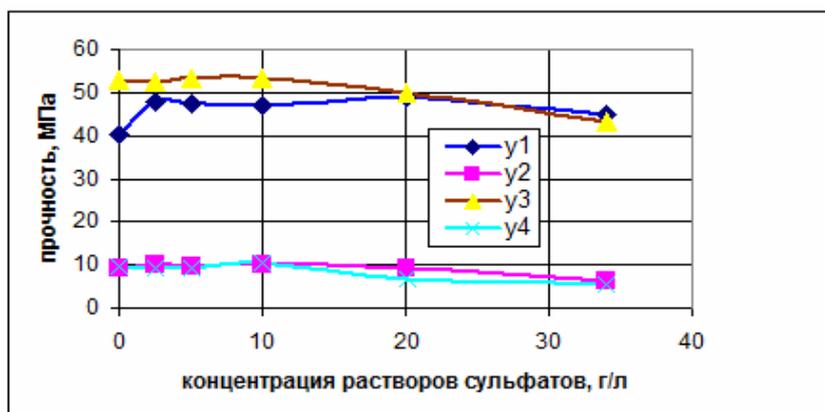


Рис.6 - Изменение прочности образцов на ШПЦ 300: y1 (R_{сж}), y2(R_{изг}) – через 18 месяцев испытаний, y3 (R_{сж}), y4(R_{изг}) – через 24 месяца испытаний

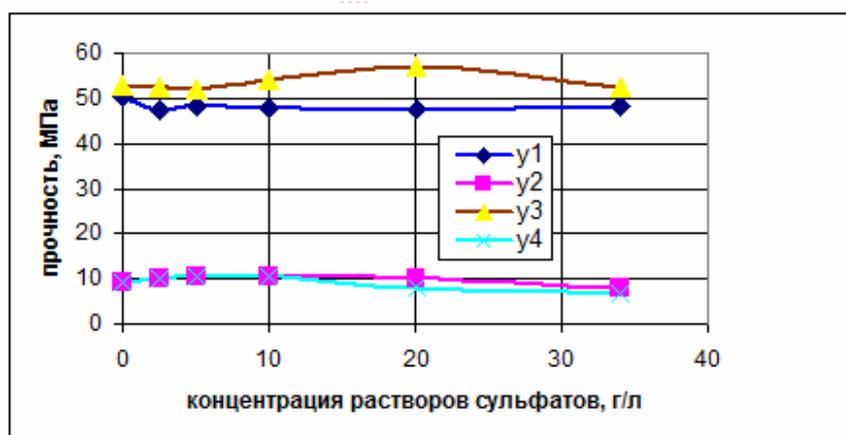


Рис.7 - Изменение прочности образцов на ССПЦ 400: y1 (R_{сж}), y2 (R_{изг}) – через 18 месяцев испытаний, y3 (R_{сж}), y4(R_{изг}) – через 24 месяца испытаний

На ССПЦ 400 падение прочности после 18 месяцев испытаний составило: R_{сж} – 0 % при концентрации сульфатов 20 г/л и 3,4 % при концентрации 34 г/л, R_{изг} – 0 % и 18,6 %, после 24 месяцев соответственно R_{сж} – 0 % и 1,0 %, а R_{изг} 18,7 % и 29,8 %.

При введении добавок микрокремнезёма при изготовлении образцов на ПЦ 400 Д-20 и ШПЦ 300 при всех концентрациях сульфатных растворов падения прочности бетона как на сжатие, так и на растяжение при изгибе не отмечается.

Таблица 2 - Прочность образцов мелкозернистого бетона с добавкой микрокремнезёма в процессе испытания сульфатостойкости

Вид цемента	Добавка МК, %	Длительность испытания, мес.	Прочность бетона (МПа), выдержанного в сульфатном растворе с концентрацией SO ₄ ²⁻					
			0	2500 мг/л	5000 мг/л	10000 мг/л	20000 мг/л	34000 мг/л
ПЦ 400 Д-20	0	0	33,0/ 6,0	-	-	-	-	-
		6	34,4/ 9,8	37,5/ 10,1	43,8/ 9,7	38,6/ 10,9	36,7/ 9,8	37,2/ 9,6
		12	48,1/ 9,1	50,0/ 9,4	50,4/ 9,1	60,0/ 11,2	60,0/ 9,2	59,2/ 9,8
		18	49,2/ 9,5	53,7/ 10,5	53,7/ 10,5	54,6/ 10,5	54,9/ 7,4	48,5/ 5,1
		24	55,0/ 9,0	54,9/ 10,2	54,9/ 10,2	57,3/ 10,3	52,0/ 5,1	46,3/ 4,9

Вид цемента	Добавка МК, %	Длительность испытания, мес.	Прочность бетона (МПа), выдержанного в сульфатном растворе с концентрацией SO_4^{2-}					
			0	2500 мг/л	5000 мг/л	10000 мг/л	20000 мг/л	34000 мг/л
ПЦ 400 Д-20	7,5	0	40,0/ 8,0	-	-	-	-	-
		6	46,8/ 8,7	48,9/ 10,1	48,5/ 9,9	45,5/ 10,9	46,1/ 10,5	48,0/ 10,4
		12	55,3/ 9,2	53,6/ 10,2	54,1/ 9,8	52,1/ 11,1	52,1/ 10,2	53,1/ 10,1
		18	55,5/ 9,4	54,1/ 10,0	54,8/ 10,2	53,1/ 10,2	52,2/ 10,0	54,2/ 10,1
		24	55,1/ 9,6	56,6/ 9,6	56,9/ 10,4	57,5/ 10,3	56,8/ 9,7	55,3/ 9,8
ПЦ 400 Д-20	10	0	43,0/ 8,2	-	-	-	-	-
		6	49,1/ 9,4	50,8/ 10,1	50,5/ 10,4	49,3/ 10,6	48,9/ 10,5	49,0/ 10,6
		12	52,6/ 9,4	53,6/ 9,9	52,4/ 10,2	52,0/ 10,5	53,9/ 10,4	52,6/ 10,8
		18	51,8/ 9,4	54,1/ 10,1	53,2/ 10,4	52,9/ 10,5	53,3/ 10,2	50,1/ 10,0
		24	58,7/ 9,6	60,9/ 9,9	60,1/ 10,3	61,5/ 10,2	61,0/ 9,6	67,6/ 9,8
ШПЦ 300	0	0	33,6/ 5,0	-	-	-	-	-
		6	35,2/ 8,3	37,0/ 9,2	36,0/ 8,9	34,0/ 9,6	39,0/ 10,0	35,0/ 8,8
		12	40,1/ 8,8	48,4/ 10,0	47,1/ 9,7	49,4/ 10,0	47,6/ 9,8	47,4/ 10,0
		18	40,4/ 9,4	47,8/ 9,9	47,3/ 9,5	46,8/ 9,9	48,8/ 9,4	45,0/ 6,3
		24	52,7/ 9,5	52,5/ 9,4	53,0/ 9,4	53,4/ 10,3	49,9/ 6,8	43,2/ 5,5
ШПЦ 300	6	0	38,6/ 6,2	-	-	-	-	-
		6	38,8/ 9,4	38,1/ 10,3	39,3/ 9,6	38,5/ 9,5	38,1/ 9,5	37,6/ 10,3
		12	43,0/ 9,3	43,1/ 10,1	46,8/ 9,8	42,5/ 10,0	45,3/9,9	43,0/10,1
		18	43,7/ 9,3	44,3/ 10,0	45,7/ 10,0	46,1/ 10,0	45,5/9,9	45,8/9,8
		24	46,3/ 9,2	48,0/ 9,7	47,2/ 10,2	47,0/ 9,6	47,1/9,8	46,7/9,8
СШПЦ 400	0	0	35,8/ 6,4	-	-	-	-	-
		6	34,4/ 9,6	38,4/ 9,7	35,1/ 10,2	35,2/ 10,4	40,4/ 8,9	44,5/ 10,9
		12	50,0/ 9,5	47,1/ 9,6	47,0/ 10,2	48,1/ 10,6	47,0/ 10,4	47,0/ 9,3
		18	50,2/ 9,6	47,5/ 10,0	48,1/ 10,4	47,9/ 10,5	47,5/ 10,0	48,4/ 7,8
		24	52,8/9,4	52,6/ 10,0	52,2/ 10,3	54,2/ 10,6	56,9/ 7,8	52,3/ 6,6

Примечание. В табл.2 перед чертой приводятся средние арифметические значения прочности при сжатии по результатам испытания 6 образцов, после черты – средние арифметические значения прочности при изгибе по результатам испытания 6 образцов

Таким образом, введение добавки микрокремнезёма в количестве 7,5 и 10 % для образцов на портландцементе и 6% - на шлакопортландцементе обеспечивает сульфатостойкость бетона

при концентрациях сульфатного раствора до 34 г/л. Это позволяет получать больший показатель сульфатостойкости, чем для образцов бетона на сульфатостойком портландцементе.

Библиографический список

1. Москвин В.М. Коррозия бетона / В.М. Москвин – М.: Госстройиздат, 1952. – 342 с.
2. Рыбьев И.А. Принципы теории долговечности строительных конгломератов / И.А. Рыбьев – Строительные материалы.- №9, 1978.–С.34-35.
3. Рассомахин, А.В. К вопросу о механизме сульфатной коррозии бетона / А.В.Рассомахин, Т.Г.Белявин, В.М.Латыпов // Совершенствование производства бетонов повышенной прочности и долговечности.– Уфа,1985. — С.145.
4. Красильников, К.Г. Физико-химия деформаций цементного камня / К.Г. Красильников, Л.В. Никитина, Н.Н. Скоблинская – М.: Стройиздат, 1980.– 256 с.
5. Москвин, В.М. Сульфатостойкие бетоны на низкоалюминатных портландцементов для железобетонных конструкций / В.М. Москвин, Т.В. Рубецкая – М.: ЦБНТИ, 1976.– 26 с.
6. Блондио, Л. Дискуссия. / Л.Блондио // Третий международный конгресс по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1958. – С. 298-300.
7. Traetteberg, A. Silica fumes as a pozzolanic material / A.Traetteberg –Cemento.- 1978. - №3– P. 369-375.
8. Огороков, С.Д. Зависимость сульфатостойкости цементов от минералогического состава клинкера и природы пуццоланизирующей добавки / С.Д.Огороков // Коррозия бетона и меры борьбы с ней – М.: Изд. АН СССР, 1954. – С.165-177.
9. Плюснина, И.И. Инфракрасные спектры минералов / И.И. Плюснина –М.: Изд. МГУ, 1977 – 171 с.

УДК 691.42: 666.3

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ГИДРАТНЫХ ФАЗ ЦЕМЕНТА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ЗАМОРАЖИВАНИИ PATTERN FORMATION OF HYDRATED PHASES OF CEMENT IN CYCLIC FREEZING

Крамар Л.Я., Трофимов Б.Я., Шулдяков К.В.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. *Стойкость и прочность тяжёлого бетона зависят от особенностей структуры цементного камня, тонкими прослойками скрепляющего заполнителя в единый конгломерат. Наиболее плотным и прочным становится цементный камень из слабо закристаллизованного гидросиликатного геля, обеспечивающего необходимую адгезионную и когезионную прочность. Мономинеральный цементный камень даже в условиях водного твердения при комнатной температуре проявляет склонность к старению – снижению объёма гелеобразных гидратных фаз за счёт насыщения гидроксидом кальция, циклическое замораживание ускоряет этот процесс. Для формирования структуры повышенной стабильности наиболее приемлемы цементы с активными минеральными добавками (АМД), которые связывают гидроксид кальция, формирующийся при гидратации силикатных клинкерных минералов, повышая содержание и стабильность цементного геля в условиях, включая низкотемпературное циклическое замораживание. В настоящее время мировая тенденция – увеличение доли цементов с АМД.*

Abstract. *Durability and strength of heavy concrete depends on the particular cement stone structure, thin layers of which, aggregates bondings into a single conglomerate. The most dense and durable cement stone becomes weakly crystallized hydrosilicate gel, which provides the necessary adhesive and cohesive strength. Monomineral cement stone, even under water curing at room temperature, shows aging tendency – reducing the volume of hydrated gel phase due to saturation of calcium hydroxide, this process speeds up by cyclic freezing. For the formation of this structure with increased stability, the most acceptable are cements with active mineral admixtures, which binds calcium hydroxide formed during silicate clinker minerals hydration, increasing the content and stability of cement gel under various conditions including low-temperature cyclic freezing. Increased share of cements with active mineral admixtures – is nowadays' global trend.*

Ключевые слова: *морозостойкость, льдистость, пористость, мономинеральный цемент, суспензия, гидроксид кальция, гелеобразные и кристаллические продукты гидратации, механизм изменения структуры гидратных фаз, стабильность при циклическом замораживании, микрокремнезём.*

Keywords: *freeze-thaw resistance, iciness, porosity, monomineralic cement, suspension, hydrate of lime, gel hydration products, crystalline hydration products, mechanism of changes in the structure of hydrated phases, stability under cyclic freezing, silica fume.*

Морозостойкость бетона зависит от объёма капиллярных пор, вида и качества применяемых материалов, наличия воздухововлекающих добавок и др. факторов. Как правило, морозостойкость редко связывают с особенностями структуры цементного камня. Из механики разрушения следует, что для повышения прочности и стойкости любого материала необходимо учитывать наличие дефектов структуры материала, в которых происходит концентрация напряжений. Для снижения влияния особенностей и дефектов структуры материала

важно наличие пластического, демпфирующего компонента и его стабильность при длительных циклических воздействиях.

Нами для оценки влияния структурных особенностей цементного камня на его морозостойкость испытывались образцы 40x40x160 мм песчаного бетона ($V/C = 0,4$, $P/C = 2$). Образцы изготавливались на сульфатостойком портландцементе (табл.1) и кварцевом песке с модулем крупности 2,69. Часть образцов твердела в камере нормального твердения, часть – пропаривалась по режи-

мам: Т4 – 4+4+4+8, Т6 – 4+4+6+2, Т8 – 4+4+8+2, Т10 – 4+4+10+2 при температуре изотермической выдержки 80 °С, а часть образцов проходила автоклавную обработку по режимам: А0 – 4+5+0+2, А3

– 4+5+3+2, А6 – 4+5+6+2 при максимальном давлении водяного пара в автоклаве 0,8 МПа и температуре изотермической выдержки 165 °С.

Таблица 1 - Свойства сульфатостойкого портландцемента

Минералогический состав, %				Прочность МПа через 28 сут		Норм. густота, %	Сроки схватывания, ч-м		Остаток на сите 008, %
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	R _{сж}	R _{изг}		начало	конец	
46	33	4	17	40,6	6,75	26,0	1-03	5-15	6,6

Морозостойкость определялась испытанием образцов, насыщенных погружением на 4 суток в воду, в возрасте 28 суток нормального твердения или 7 суток после тепловлажностной обработки циклическим замораживанием на воздухе при -50 °С с последующим оттаиванием в воде при 18 °С, льдистость – при -18 °С, пористость рассчитывалась по величине водопоглощения и по изотермам сорбции. Результаты испытания образцов песчаного бетона приведены в табл. 2.

Морозостойкость бетона, твердевшего до циклического замораживания в различных условиях, изменяется более чем в 14 раз, тогда как открытая капиллярная пористость меняется незначительно, а льдистость – в 6 раз. Следовательно, на стойкость бетона к циклическому замораживанию в

водонасыщенном состоянии влияют не только характер пористости, но также состояние и стабильность гидратных фаз цементного камня, определяющих виды структурных связей. Высокая морозостойкость образцов бетона нормального твердения при большой открытой капиллярной пористости указывает на весьма существенное влияние особенностей структуры гидратных фаз цементного камня на стойкость бетона. Льдистость такого бетона минимальна, следовательно, гидратные фазы представлены главным образом гелевидной структурной составляющей с микропорами, вода в которых не замерзает при -18 °С, то есть размеры таких микрокапилляров не превышают 2 нм [1,2] и относятся они к порам геля.

Таблица 2 - Влияние условий твердения на морозостойкость песчаного бетона

Условия и длительность твердения	Открытая кап. пористость, %	Льдистость при -18 °С, %	Число циклов при -50 °С	Прочность при сжатии МПа, после циклов				
				5	10	20	30	40
Норм. тверд. 28 сут	11,2	9	57	<u>41,7</u> 40,6	<u>42,6</u> -	<u>42,8</u> 41,9	<u>43,4</u> 42,1	<u>42,9</u> 42,6
Т4+7 сут н.т.	11,4	31	24	-	-	-	-	-
Т6+7 сут н.т.	10,8	42	37	-	-	-	-	-
Т8+7 сут н.т.	10,9	29	43	<u>41,5</u> 41,0	<u>42,3</u> -	<u>42,6</u> 41,3	<u>41,4</u> 42,1	<u>41,1</u> 41,9
Т10+7 сут н.т.	10,9	34	38	-	-	-	-	-
А0+7 сут н.т.	9,9	52	6	-	-	-	-	-
А3+7 сут н.т.	9,9	43	10	<u>43,4</u> 43,1	<u>42,9</u> 43,2	-	-	-
А6+7 сут н.т.	10,3	56	4	-	-	-	-	-

Примечания. 1– в табл.2 приведены средние значения по 6 результатам испытаний при наибольшей величине коэффициента вариации 10,2 %; 2– над чертой приведены значения для замораживаемых образцов – под чертой контрольных; 3 – в колонке «число циклов» приведено то количество циклических замораживаний, после которого падение прочности составило 15 % от первоначального.

Пропаривание песчаного бетона вызывает снижение морозостойкости практически при неизменной макрокапиллярной пористости за счет увеличения объема открытых капиллярных пор, в которой образуется лед при -18 °С, что вызвано уменьшением объема гелевидных гидросиликатов цементного камня - «огрублением» структуры, увеличением размеров кристаллов гидратных фаз.

Ещё более интенсивное повышение льдистости и снижение морозостойкости отмечается для бетона автоклавного твердения.

Для всех образцов можно также отметить неоднозначное изменение прочности при цикличе-

ском замораживании - первоначально прочность возрастает, а затем снижается.

Для выявления закономерностей структурных изменений проводилось исследование образцов суспензии βC₂S при водотвёрдом отношении 5:1. βC₂S был выбран из тех соображений, что это один из основных минералов цементного клинкера, кроме того, белит – медленно и длительно гидратирующийся минерал, что облегчает возможность изучения структурных изменений гидратных фаз этого минерала. Использовался βC₂S состава: СаО – 64,4 %, SiO₂ – 34,0 %, Al₂O₃ – 0,68 %, СаО свободное – 0,21 %, потери при прокаливании 0,26 % по массе.

Исследование процесса гидратообразования производилось параллельно несколькими физико-химическими методами: термогравиметрическим, спектральным, рентгенофазовым, электронно-микроскопическим, а также адсорбционным.

При изготовлении суспензии тонкомолотый минерал затворялся водой, смесь перемешивалась магнитной мешалкой 150...180 с и помещалась в пробирки, которые герметично закупоривались для предотвращения карбонизации и потери извести.

Первоначально исследовалась гидратация $\beta\text{C}_2\text{S}$ при комнатной температуре. Термогравиметрический анализ при скорости нагрева 10 град/мин суспензии, твердевшей при $20 \pm 0,5$ °С, показал, что с увеличением длительности взаимодействия увеличивается количество химически связанной воды от 1,7 % в возрасте 28 суток до 5 % к 180 суткам. Количество гидратов в возрасте 28 и 35 суток мало, на что указывает наличие малоинтенсивных эндоэффектов при 130 °С и 624-650 °С на кривых ДТА и ДТГ. Экзоэффект при 340 °С, интенсивность которого снижается с увеличением возраста, относят [3] к «полиморфным превращениям не перешедшего в раствор кремнезёма». Экзоэффект при 870 °С на кривых ДТА появляется на 35 сутки гидратации и с увеличением длительности твердения величина его возрастает. По [4] наличие экзоэффекта при 830-880 °С свойственно низкоосновным гидросиликатам с отношением $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 0,8...1,4$ и с ростом отношения этот экзоэффект смещается в сторону большей температуры приведённого интервала. Экзоэффект в данном интервале температуры свидетельствует о фазовом переходе продукта обезвоживания низкоосновного гидросиликата типа *C-S-H* (1) в волластонит βCaOSiO_2 .

Следовательно, к 35 суточному возрасту в суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ образуются гидросиликаты кальция типа *C-S-H* (1), количество которых с увеличением длительности твердения возрастает. После 78 суток на кривых ДТА и ДТГ появляется эндоэффект при 480 °С, соответствующий дегидратации свободной $\text{Ca}(\text{OH})_2$, расширение интервала разложения и смещение пика дегидратации гидроксида кальция от 500-520 к 480 °С связано со слабой закристаллизованностью этого соединения. Насыщение жидкой фазы суспензии гидроксидом кальция после 78 суток твердения приводит к активации гидратационного процесса. Уже к 115 суткам количество химически связанной воды возрастает до 4 %, а свободного гидроксида кальция – до 1 %. На кривых ДТА и ДТГ фиксируется смещение эндоэффекта с 640 до 660 °С, что, вероятно, связано с перестройкой гидратной фазы, способствующей увеличению проницаемости блокирующей оболочки гидратов и ускорению гидратации негидратированных остатков $\beta\text{C}_2\text{S}$. С увеличением возраста суспензии до 180 суток на кривых термического анализа наблюдается смещение пиков разложения гидросиликатов до 140 и 720 °С, что также свидетельствует о перекристаллизации ранее образовавшихся гидросиликатов кальция. Увеличение степени гидратации повышает содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до 2 % и химически связанной воды до 4,7 %. Гидратация $\beta\text{C}_2\text{S}$ в суспензии протекает достаточно медленно в первый период времени (до 78

суток) с образованием низкоосновных гидросиликатов, основность которых повышается при накоплении свободного гидроксида кальция в жидкой фазе, что ускоряет гидратацию.

Инфракрасный спектральный анализ, выполненный на приборе Specord 75-IR напылением на стекло *KBr*, подтверждает значительные изменения структуры гидросиликатов при гидратации $\beta\text{C}_2\text{S}$ с увеличением возраста. После 28 суток взаимодействия с водой на спектрограммах имеются полосы поглощения при 3400 и 3180 cm^{-1} , что соответствует валентным колебаниям адсорбционно связанной воды. Присутствие полосы 1500 cm^{-1} вызвано деформационными колебаниями связанных в гидросиликатах *OH*-групп, а полоса поглощения 1420 cm^{-1} характеризует *OH*-группы в кремнекислородных тетраэдрах. Следовательно, в этот период проходит реакция гидроксирования [5,6,7] с образованием геля кремнезёма, существование которого отмечалось и на кривых ДТА (экзоэффект при 340 °С). Частично снятое вырождение с широкой полосы поглощения 930 cm^{-1} характеризует кремнекислородные связи, а расщепление её на две полосы с частотами 920 и 880 cm^{-1} позволяет судить о снижении симметрии в структуре вещества, то есть о формировании на поверхности зёрен $\beta\text{C}_2\text{S}$ метастабильной фазы. Энергия поглощения (E_1) и излучения (E_2) молекул или атомов, составляющих кристаллы высокой степени симметрии, отличаются незначительно и в идеальном случае $\Delta E = E_1 - E_2 = 0$, поэтому поглощение и излучение молекулами примерно равных энергий даёт широкую полосу поглощения – «вырожденное» колебание [5,8]. Когда наблюдается расщепление широкой спектральной полосы на несколько узких, то это вызвано понижением симметрии системы – снятие вырождения, а когда вместо одной полосы поглощения образуется три, то считают вырождение снятым полностью.

Через 180 суток гидратации на ИК-спектрограммах суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ присутствует полоса поглощения 2660 cm^{-1} , относящаяся к валентным колебаниям *OH*-группы в $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Полосы 3400, 3100 и 1480 cm^{-1} характеризуют адсорбционные процессы в системе и реакцию гидроксирования.

Снятие вырождения с полосы поглощения 930 cm^{-1} подтверждает увеличение содержания гидросиликатов в системе, а появление полосы 660 cm^{-1} позволяет предполагать формирование гидросиликатов, в состав которых входит диортогруппа $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ [5,9]. М.М.Сычёв [7] объясняет появление диортогрупп тем, что повышение концентрации гидроксила кальция усиливает комплексообразование атомов кремния с *OH*-группами до координационных чисел 5...6, с учётом изменения рН поровой жидкости, при этом создаются условия для повышения полимерности силикатных анионов. Переход кремнекислородных тетраэдров SiO_4^{4-} в $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$ за счёт поликонденсации облегчает образование зародышей гидросиликатов, так как размер диортогрупп соизмерим с размером ребра кальциевых полиэдров.

Следовательно, в суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$, твердеющей при постоянной комнатной температуре, происходит гидратация минерала и образование низкоосновных гидросиликатов кальция с последую-

щей перекристаллизацией при появлении свободного гидроксида кальция. К 180 суткам гидратации в суспензии формируются гидросиликаты, содержащие диортогруппы.

Рентгенофазовый анализ, выполненный на дифрактометре ДРОН-2 ($CuK\alpha$ излучение с Ni фильтром), показал, что в суспензии в любом возрасте присутствует большое количество негидратированного минерала. Усиление интенсивности отражений $Ca(OH)_2$ (межплоскостные расстояния 0,493 и 0,186 нм, а отражение 0,261 нм перекрывается отражениями негидратированного βC_2S) к 180 суткам, свидетельствует о накоплении гидроксида кальция. Из других продуктов гидратации можно отметить слабо закристаллизованный гидросиликат типа $C-S-H$ (1), которому соответствуют отражения малой интенсивности ($d = 0,3035; 0,1816$ нм).

Из электронномикроскопического анализа образцов суспензии βC_2S после 28 суток твердения следует, что поверхность зёрен минерала покрыта чешуйчатыми гидратными образованиями размером 0,1...1 мкм, наслаивающимися друг на друга и образующими оболочку вокруг зерна. В местах нарушения сплошности оболочки гидратов просматриваются скопления гелеобразных масс. Микроскопический анализ данных скоплений, выполненный на электронно-зондовом микроанализаторе «Суперпроб 733» фирмы Джеол, показал, что это гель кремнезёма. Размер зёрен βC_2S в 28 суток составил 20...50 мкм, а в возрасте 180 суток размер зёрен уменьшается, достигая в среднем 20 мкм. Поверхность зёрен в позднем возрасте покрыта мелкодисперсными волокнистыми гидросиликатами кальция, размером менее 1 мкм – вероятнее всего $C-S-H$ (1), имеются чешуйчатые образования и обнаруживаются друзы и сростки кристаллов удлинённых призм с появлением эффекта двойникования. Из [10] можно считать, что эти гидраты являются деллаитом с вероятной формулой $Ca_6(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)_2$, так как этот гидросиликат имеет большую область существования в системе $CaO-SiO_2-H_2O$ при широком интервале отношений $C/S > 1$ в жидкой фазе. Основными гидратными образованиями суспензии βC_2S является метамиктные чешуйчатые гидросиликаты, $Ca(OH)_2$, $C-S-H$ (1) и крупнокристаллический гидросиликат кальция, предположительно деллаит $6CaO \cdot 3SiO_2 \cdot H_2O$, содержание которого в суспензии медленно увеличивается и к 90 суточному возрасту достигает 1 %. Увеличение длительности гидратации суспензии со

145 до 180 суток приводит к снижению концентрации гидроксида кальция, что активизирует гидратационные процессы и увеличивает содержание $Ca(OH)_2$ до 2 % к 200 суткам.

Характер изменения удельной поверхности продуктов гидратации суспензии βC_2S с возрастом (рис.1) указывает на периодичность интенсивности процесса гидратации: вслед за относительно быстрым увеличением $S_{уд}$ до 78 суток следует период стабилизации $S_{уд}$, затем вновь увеличение и стабилизация. Так как на стадии гидросилирования геля кремнезёма насыщения его ионами Ca^{2+} и образования чешуйчатых гидросиликатов $S_{уд}$ не должна сильно изменяться, то периодическое увеличение $S_{уд}$, вероятно, связано с перекристаллизацией первичных гидратов в коллоидно – дисперсный $C-S-H$ (1), что согласуется с данными ДТА и РФА.

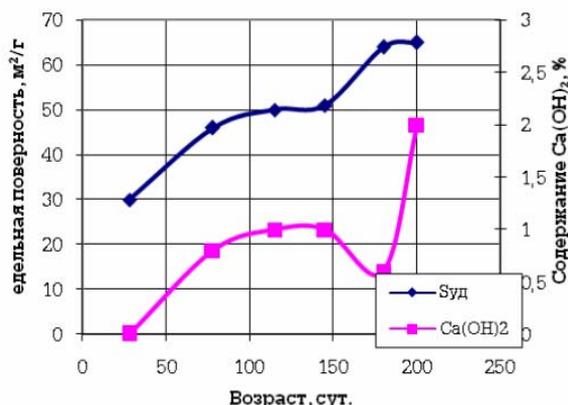


Рис. 1 - Кинетика гидратации βC_2S в суспензии при 20 оС.

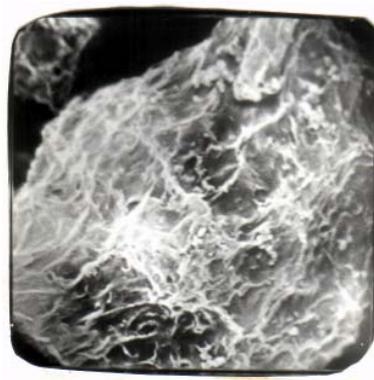
Таким образом, гидратация минерала βC_2S при комнатной температуре сопровождается качественными и количественными изменениями продуктов гидратации, перекристаллизация которых вследствие изменения концентрации $Ca(OH)_2$ приводит к образованию слабозакристаллизованного $C-S-H$ (1), накоплению $Ca(OH)_2$ и последующему формированию высокоосновных хорошо закристаллизованных гидросиликатов кальция типа деллаит.



x7500



x7500



x7500

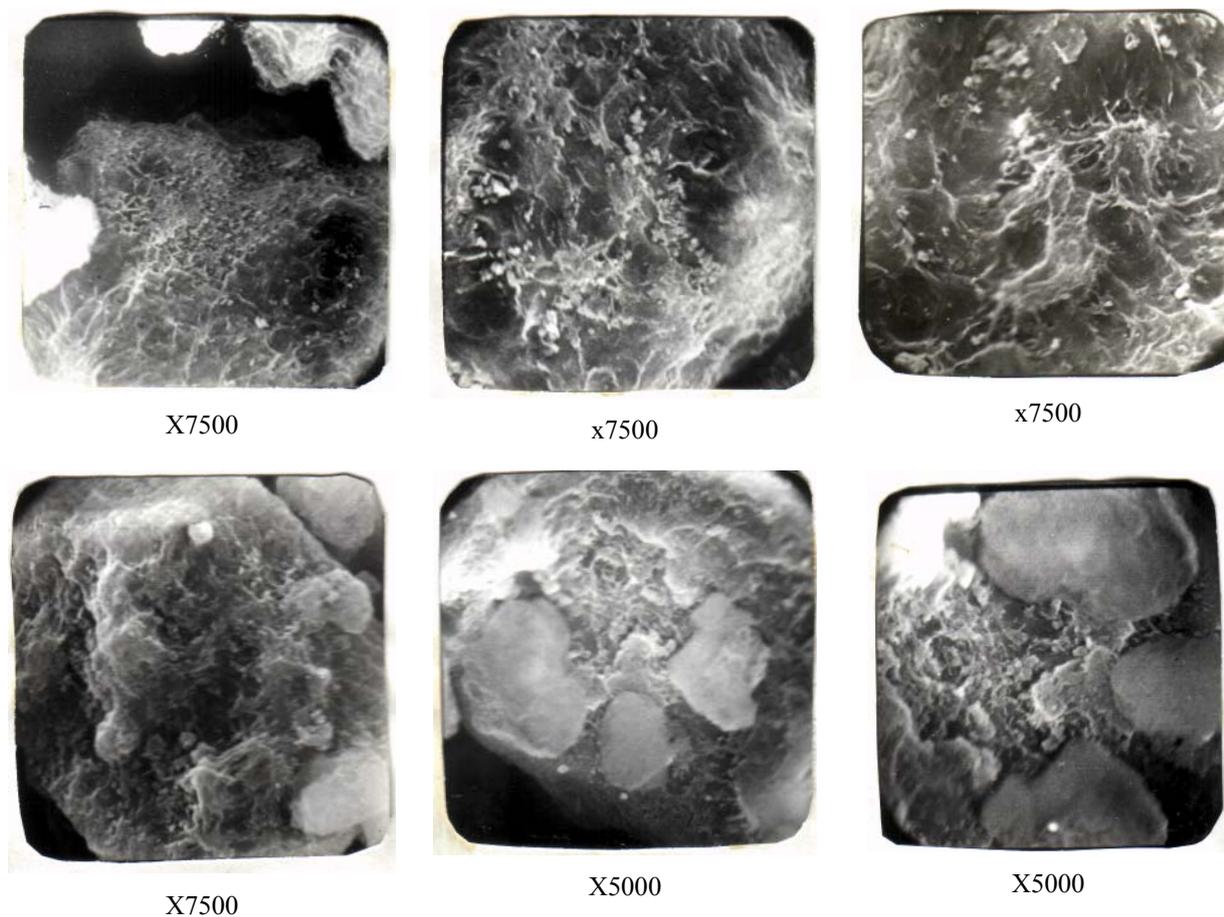


Рис. 2 - Растровые микрофотографии образцов суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$, циклически замораживаемой при -18°C .
Верхний ряд – после 70 циклов, средний ряд – после 150 циклов, нижний ряд – после 250 циклов.

При циклическом замораживании суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ более интенсивно накапливается свободный гидроксид кальция, что связано с повышением растворимости извести при понижении температуры. Циклическое воздействие интенсифицирует нарушение герметичности гидратных оболочек на негидратированных остатках зёрен $\beta\text{C}_2\text{S}$ и увеличивает степень гидратации белита. Более высокая концентрация извести ускоряет перекристаллизацию гидратных фаз, процессы протекают циклически, причём последовательность их остаётся такой же, как при твердении в условиях постоянной комнатной температуры.

Электронно-микроскопический анализ показал (рис.2), что к 70 циклам поверхность гидратируемых зёрен неоднородна, покрыта кавернами, в отдельных местах обнаруживаются трещины в гидратной оболочке. Основу оболочки составляют чешуйчатые метамиктные гидросиликаты кальция (как и при гидратации в комнатных условиях). На поверхности оболочки видны мельчайшие кристаллиты $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и отдельные скопления гидратных фаз. К 150 циклам размер гидратируемых зёрен составляет 10...20 мкм, среди гидратных продуктов помимо чешуйчатых гидросиликатов и микрочастиц $\text{Ca}(\text{OH})_2$ наблюдаются волокнистые гидросиликаты. Имеются также скопления сформированных кристаллических образований в виде ежей из призмочек и пластин удлинённой формы.

После 250 циклов оболочка из метамиктных гидросиликатов сохраняется, но с поверхности почти полностью исчезли отложения кристаллитов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, в местах разрыва оболочки гидратов фиксируются бесформенные скопления вышедшего на поверхность геля кремнезёма, поглощающего ионы Ca^{2+} .

Циклическое замораживание суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ позволяет выявить элементарные акты процесса гидратации: первоначальная адсорбция молекул воды на поверхности частиц исходного минерала, гидролиз поверхности исходного минерала вследствие диссоциативной адсорбции, повышение pH среды, разрыв кремнекислородных связей, прохождение реакции гидросилирования и образование геля кремнезёма. Накопление гидроксида кальция в жидкой фазе вызывает адсорбцию его гелем кремнезёма с образованием промежуточного гидросиликата, который затем переходит в чешуйчатые метамиктные образования с последующим переходом в гидросиликаты переменной основности. Повышение основности приводит к перекристаллизации гидросиликатов с нарушением сплошности гидратной оболочки вокруг негидратированных зёрен и к возбуждению реакции гидратации с повторением всех элементарных актов.

Гидратация и структурообразование суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ в процессе циклического замораживания до -50°C протекает иначе, чем при температуре циклического замораживания -20°C или при постоянной выдержке в комнатных условиях.

Содержание свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ после 100 циклов при $-50\text{ }^\circ\text{C}$ (рис.3) в 2,5 раз выше, чем после 250 циклов при $-20\text{ }^\circ\text{C}$ или после 200 суток гидратации при комнатной температуре, что говорит об интенсификации гидратационных процессов. Изменение количества свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и Суд указывает на взаимосвязь между дисперсностью гидратных новообразований и их основностью. Повышение отношения CaO/SiO_2 к 30 и 80 циклам приводит к снижению Суд гидратных образований. Следовательно, циклическое замораживание до $-50\text{ }^\circ\text{C}$ активизирует изменение в составе гидросиликатов кальция.

Спектральный анализ продуктов гидратации суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ после различного числа цикличе-

ских замораживаний при $-50\text{ }^\circ\text{C}$ выявил следующие закономерности:

- к 5 циклам появляется полоса поглощения 3655 см^{-1} характерная для гидроксида кальция,
- полосы поглощения с частотами 3400, 3200, 1660 см^{-1} указывают на присутствие адсорбированной воды,
- полоса с частотой 1500 см^{-1} подтверждает наличие геля кремнезёма с OH^- группами,
- полное снятие вырождения с полосы поглощения 930 см^{-1} с расщеплением её на полосы $920, 880$ и 870 см^{-1} , а также появление полос с частотами 505 и 495 см^{-1} свидетельствует о формировании уже к 5 циклам значительного количества гидросиликатов,

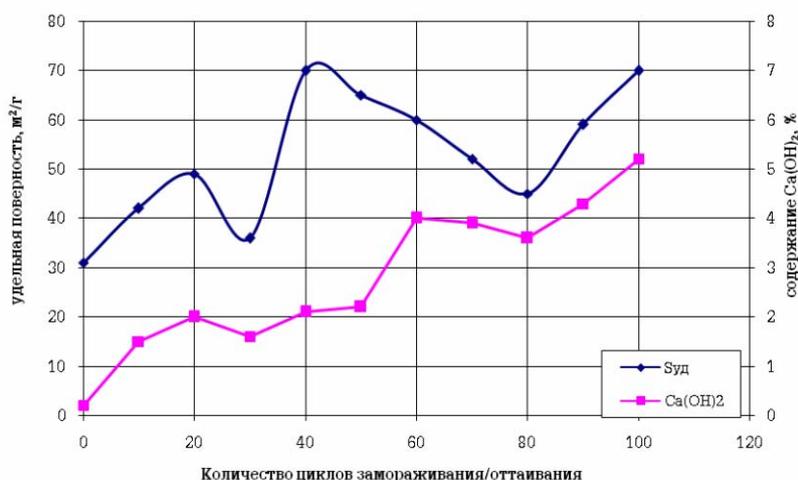


Рис. 3 - Изменение содержание свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и удельной поверхности гидратных фаз суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ при циклическом замораживании до $-50\text{ }^\circ\text{C}$.

- к 20 циклам формируется гидросиликат с полосами поглощения $3620, 1780, 1520, 1470, 1070, 970$ и 860 см^{-1} , а полоса поглощения 760 см^{-1} сигнализирует о накоплении в суспензии гидросиликатов с кольцевым строением кремнекислородного радикала,
- к 50...60 циклам исчезает полоса 3620 см^{-1} и появляется интенсивная полоса поглощения 1420 см^{-1} OH^- групп, входящих в состав гидросиликатов. Некоторое перераспределение полос поглощения наблюдается в интервале частот $840\text{...}1000\text{ см}^{-1}$,
- после 80 циклов вновь формируется гидросиликат, обнаруженный после 20 циклов, который при увеличении числа циклов до 90...100 вновь изменяется,
- появление после 90 циклов и усиление после 100 циклов полосы 850 см^{-1} при одновременном проявлении полосы 760 см^{-1} характеризует формирование гидросиликатов с кольцевым строением кремнекислородного радикала и диортосиликатов с полосой поглощения 660 см^{-1} .

Циклическое замораживание при $-50\text{ }^\circ\text{C}$ увеличивает степень гидратации и частоту перекристаллизационных процессов, что отрицательно

влияет на прочность и стойкость цементного камня. Накопление свободного извести интенсифицирует перекристаллизацию гидратных фаз и приводит к образованию хорошо закристаллизованных продуктов гидратации.

В портландцементном камне бетона к 28 суткам твердения накапливается в твёрдой фазе не менее 10 % по массе свободного гидроксида кальция [11], а при использовании шлакопортландцемента или пуццоланового портландцемента содержание свободной извести уменьшается в зависимости от активности и количества минеральной добавки. В связи с этим проводилось исследование формирования гидратных фаз белита с добавками гидроксида кальция отдельно и совместно с тонкодисперсным аморфным кремнезёмом при циклическом замораживании.

К 28 суткам гидратации в комнатных условиях суспензии $\beta\text{C}_2\text{S} + 10\% \text{Ca}(\text{OH})_2$ количество свободного гидроксида кальция снизилось до 8 %, образовались гидросиликаты кальция с эффектами разложения 160 и $720\text{ }^\circ\text{C}$ и метастабильная фаза, которая претерпевает полиморфные превращения при $190\text{ }^\circ\text{C}$ без изменения массы. Количество химически связанной воды без учёта воды гидроксида кальция составляет 3,35 % по массе, что почти в 2 раза пре-

вышает количество связанной воды в этом возрасте в суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ без добавки извести.

К 10 циклам отмечается смещение первого эндоэффекта на кривой ДТА до 140 °С и прирост количества химически связанной воды на 0,7 %. К 20 циклам смещается эндоэффект разложения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с 480 до 490 °С. Дальнейшее увеличение числа циклов вызывает рост количества химически связанной воды и сопровождается связыванием гидроксида кальция – после 50 циклов потери при прокаливании составили 6,7 %, а содержание свободной $\text{Ca}(\text{OH})_2$ снизилось до 6,0 %, тогда как в контрольных образцах, испытанных одновременно с замораживаемыми, содержание химически связанной воды составило 5,8 %, а свободной извести – 8,0 %.

Следовательно, в присутствии извести при гидратации $\beta\text{C}_2\text{S}$ формируются высокоосновные гидросиликаты кальция с отношением CaO/SiO_2 больше 2. Циклическое замораживание ускоряет гидратацию белита и связывание извести. При выщелачивании извести высокоосновные гидросиликаты в первую очередь теряют свою стабильность, что ускоряет разрушение цементного камня при циклическом замораживании с оттаиванием в воде.

Введение в суспензию $\beta\text{C}_2\text{S}$ одновременно 10 % по массе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и 10 % микрокремнезёма изменяет состав гидросиликатных новообразований. Через 28 суток гидратации при 20 °С на кривых ДТА и ДТГ присутствуют эффекты при 160 и 830 °С, характеризующие формирование стабильных гидросиликатов, наряду с которыми имеются метамиктная фаза (эндоэффект при 650 °С) и низкоосновные гидросиликаты кальция с отношением CaO/SiO_2 около 1 – эндоэффект при 850 °С [4]. Количество химически связанной воды составляет 6 %, свободной $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – около 2 % (эндоэффект при 470 °С). После 2 циклических замораживаний при -20 °С появляется экзоэффект при 908 °С, что, вероятно, связано с появлением гидросиликатов с отношением CaO/SiO_2 около 1,3, которые при нагревании обезвоживаются и переходят в воластонит βCaOSiO_2 . Концентрация свободной извести снижается до 1 %, а количество химически связанной воды уменьшается до 5,3 %.

После 5 и более циклов экзоэффект при 850 °С сохраняется, что указывает на повышение основности формирующихся гидросиликатов. Концентрация извести уменьшается до 0,5...0,6 %, а количество химически связанной воды после 10 циклов составляет 8,4 % – гидратация ускоряется. К 50 циклам количество химически связанной воды достигает 11,7 %, количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 0,5 %, основной состав гидратных фаз сохраняется. В образцах суспензии, хранившихся при 20 °С и испытанных одновременно с образцами, прошедшими 50 циклов, основной состав гидратных фаз сохраняется, однако, в контрольных образцах формируются более высокоосновные гидросиликаты (нет эндоэффекта разложения свободной извести) и степень гидратации меньше – количество химически связанной воды составляет 8,4 %.

Снижение концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в суспензии ниже 1 % вызывает активную полимеризацию кремнекислородных тетраэдров, что компенсирует дефицит ионов кальция в системе, способствует формированию стабильных низкоосновных гидро-

силикатов. Снижение соотношения CaO/SiO_2 в гидросиликатах увеличивает степень их полимеризации, способствует увеличению количества гидросиликатного геля, что должно благоприятно повлиять на стойкость и стабильность гидросиликатов кальция, а также на механические свойства и морозостойкость цементного камня в бетоне

Гидросиликатный клей в цементном камне обеспечивает его прочность, адгезию и содержит воду, которая под действием поверхностных сил твёрдой фазы не переходит в лёд $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне оказывает большое влияние на его стойкость при циклическом замораживании: портландит участвует в формировании хрупкой кристаллической структурной составляющей цементного камня, накопление извести в продуктах гидратации сопровождается её выщелачиванием при циклическом замораживании, нарушает стабильность высокоосновных гидратных соединений, известь поглощается низкоосновными гидросиликатами, особенно интенсивно при циклическом замораживании, и переводит их в кристаллическое состояние – происходит «огрубление и старение» геля. Ограничение содержания свободной извести в цементном камне введением аморфного микрокремнезёма способствует образованию коллоиднодисперсных гидросиликатов кальция повышенной стабильности.

Таким образом, из результатов исследования стойкости суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ при циклическом замораживании следует, что одним из основных способов повышения морозостойкости цементного камня следует считать пуццоланизацию. Применение цементов с АМД, как правило, вызывает повышение водопотребности бетонной смеси и замедляет набор прочности, поэтому ГОСТ 55224-2012 регламентирует для бетона дорожных покрытий применение Цем1 и Цем11/А-Ш с содержанием доменного гранулированного шлака не более 15%. При таких рекомендациях не обеспечивается защита от коррозии 1 вида и не предотвращается старение структуры цементного камня, а, следовательно, не гарантируется высокая морозостойкость бетона.

Выводы.

1. Циклическое замораживание образцов мелкозернистого бетона не однозначно изменяет прочность при сжатии: первоначально прочность циклически замораживаемых образцов превышает прочность контрольных образцов, а затем с увеличением числа циклических замораживаний следует деструкция различной интенсивности.

2. Морозостойкость образцов песчаного бетона постоянного состава, твердевших до циклического замораживания в различных условиях, изменяется более чем в 14 раз, тогда как открытая капиллярная пористость меняется незначительно, а льдистость – в 6 раз. Следовательно, на стойкость бетона к циклическому замораживанию в водонасыщенном состоянии влияют не только характер пористости, но также состояние и стабильность гидратных фаз цементного камня, определяющих виды структурных связей.

3. Нахождение суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ при комнатной температуре сопровождается качественными и количественными изменениями продуктов гидратации, перекристаллизация которых вследствие

изменения концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ приводит к образованию слабозакристаллизованного C-S-H (1), накоплению $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и последующему формированию высокоосновных хорошо закристаллизованных гидросиликатов кальция типа деллаит.

4. Циклическое замораживание суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ при -18°C и особенно при -50°C приводит к интенсификации накопления $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в жидкой фазе, вызывает адсорбцию его гелем кремнезёма с образованием промежуточного гидросиликата, который затем переходит в чешуйчатые метамиктные образования с последующим переходом в гидросиликаты переменной основности. Повышение основности приводит к перекристаллизации гидросиликатов с нарушением сплошности гидратной оболочки вокруг негидратированных зёрен и к возбуждению реакции гидратации с повторением всех элементарных актов.

5. При испытании морозостойкости суспензии в присутствии извести формируются высокоосновные кристаллические гидросиликаты кальция с отношением CaO/SiO_2 больше 2. Циклическое замораживание ускоряет гидратацию белита и связывание извести.

6. Циклическое замораживание суспензии $\beta\text{C}_2\text{S}$ с добавками извести и микрокремнезёма вызывает снижение концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ниже 1 % и активную полимеризацию кремнекислородных тетраэдров, что компенсирует дефицит ионов кальция в системе, способствует формированию стабильных низкоосновных гидросиликатов. Снижение соотношения CaO/SiO_2 в гидросиликатах увеличивает степень их полимеризации, способствует увеличению количества гидросиликатного геля, что повышает стабильность и стойкость системы к циклическим воздействиям.

7. Пуццоланизация способствует замедлению процессов старения цементного геля, что со-

храняет тонкодисперсную структуру цементного камня и повышает его стойкость.

Библиографический список

1. Бакаев В.А. Понижение температуры плавления воды в капиллярах пористого тела / В.А. Бакаев, В.Ф. Киселёв, К.Г. Красильников – ДАН СССР, т.125, №4, 1959. – С. 831-835.
2. Бакаев В.А. К вопросу о фазовых переходах в веществе, адсорбированном высокодисперсным телом./ В.А. Бакаев // Современные представления о связанной воде в породе.– М.: АН СССР, 1963. – С.17–20.
3. . Малинин Ю.С К вопросу о гидратации и твердении портландцемента. / Ю.С. Малинин, Л.Я.Лопатникова, В.И.Гусева.–М.: Стройиздат, 1964. – 24 с.
4. Калоусек Г.Л. Применение метода дифференциально-термического анализа при изучении системы $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$. / Г.Л. Калоусек // Третий межд. конгресс по химии цемента.–М.: Стройиздат, 1958. – С. 206-216.
5. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов / И.И. Плюснина. –М.: Изд. МГУ, 1977 – 171 с.
6. Сычёв М.М. Современные представления о механизме гидратации цемента./ М.М.Сычёв // ВНИИЭСМ, серия 1, Цементная промышленность, вып.3.–М.: 1984. – 52 с.
7. Сычёв М.М. Роль электронных явлений при твердении цемента. / М.М. Сычёв // Цемент. – 1984. – №7. – С.10-13.
8. Ферми Э. Квантовая механика / Э. Ферми.–М.: Мир, 1968.–210 с.
9. Болдырев А.И. Инфракрасные спектры минералов / А.И. Болдырев. –М.: Недра, 1976. – 199 с.
10. Илюхин В.В. Гидросиликаты кальция. Синтез монокристаллов и кристаллохимия./В.В.Илюхин, В.А.Кузнецов, А.Н.Лобачёв и др.–М.: Наука, 1979. – 183 с.
11. Т.В. Кузнецова Микроскопия материалов цементного производства / Т.В. Кузнецова, С.В. Самченко. – М.: МИКХис, 2007. – 304с.

УДК 624.016

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК THE ANALYSIS METHODS OF IMPROVING BEARING CAPACITY WOODEN BEAMS

Башкова Ю.Б., ст. преподаватель, Максимов С.П., магистрант, Шкуркина А.И., студент

Филиал ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»

(национальный исследовательский университет) в г. Златоуст

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Обоснована актуальность повышения несущей способности деревянных балок. Приведены недостатки древесины при использовании ее в качестве строительного материала. Рассмотрены методы повышения несущей способности элементов деревянных конструкций. Показаны вопросы внедрения в производство метода армирования деревянных балок стеклопластиковой арматурой.

Abstract. The actuality of improving of wooden beams bearing capacity is substantiated. The disadvantages of wood as a building material are given. It is dealt with methods of improving bearing capacity of wooden structures elements. The manufacturing application of wooden beams reinforcement method with fiberglass reinforcement is shown.

Ключевые слова: деревянная балка, несущая способность, пороки древесины, сечение балки, прочность при изгибе, армирование, эпоксидная композиция, стеклопластиковая арматура.

Keywords: wooden beam, bearing capacity, wood defects, cross-section beams, Flexural strength, reinforcement, epoxy composition, fiberglass reinforcement.

Увеличение темпов индивидуального строительства поднимает вопрос рационального ис-

пользования материалов, сокращения себестоимости и повышения эксплуатационных характеристик

конструкций. Наиболее популярным материалом, как для отделки помещений, так и возведения несущих элементов домов и построек является древесина, которая обладает рядом неоспоримых преимуществ [5]. Использование древесины, как экологического материала, при сокращении материалоёмкости и сохранении прочностных характеристик элементов деревянных конструкций является актуальной задачей.

Анализ показывает, что основным недостатком древесины является ее неоднородность, ввиду наличия сучков. Для повышения эстетических и прочностных свойств используют удаление дефектных мест и сращивание. При этом используют пространственный вид клеевых соединений зубчатым шипом. В этом случае прочность при растяжении составляет 90% не стыкованной древесины без пороков. Однако использование данного метода соединения занимает всю площадь поперечного сечения и разрушение деревянной клееной конструкции происходит по нижнему растянутому слою. Таким образом, в изгибаемых элементах удаление пороков не повышает несущую способность за счет склеивания материала 1-го сорта, а обладает той же прочностью в растянутой зоне, что и не стыкованная по длине древесина 3 сорта.

Рассмотрим ряд приемов, используемых для повышения несущей способности балок [3]. В первую очередь можно увеличить поперечное сечение, что ведет к повышению расхода материалов, стоимости строительства и не всегда является возможным за счет ограничений на допустимые размеры элементов конструкций.

Для повышения прочности при изгибных нагрузках используют накладки на боковых поверхностях балок, что является достаточным, но не выполнимым условием ввиду ухудшения эстетических качеств деревянной конструкции, а так же увеличения стоимости и массы, за счет использования в качестве накладок, например, металлических широких полос.

Для скрытых полостей (пол, междуэтажные перекрытия, крыши, мансарды и т.п.) применяют двутавровые деревянные балки, которые обладают повышенной прочностью, легкостью и универсальностью [1]. Деревянная балка перекрытия с особым сечением и нужной длины изготавливается по современной технологии, по которой в технологическом процессе используется только идеально высушенный и тщательно проклеенный деревянный брус, прочная ориентированно-стружечная плита (OSB) или фанера и специальные клеевые материалы, обладающие повышенной огнеупорностью и водостойчивостью. Однако данная технология может быть использована только в скрытых полостях или же требует тщательной заделки боковых сторон швеллера качественной доской.

Аналогичным вариантом является и использование перекрытий на основе металло-деревянных балок (МДБ). Эта конструкция позволяет в короткие сроки и с минимальными затратами возвести межэтажные, напольные перекрытия, стропильные системы и обрешетки. Система может применяться как при строительстве жилых домов, так и при возведении коммерческих и про-

мышленных сооружений (рис. 1). Металлические зубчатые кронштейны и пластины предназначены для применения в конструкциях, где влажность дерева находится в диапазоне от 15 до 22% [4]. Представленная конструкция может выполняться как с одним, так и с двумя кронштейнами и при необходимости оснащаться промежуточной опорой. Поскольку кронштейны в этом случае выполняются на внешней стороне двух брусьев, то их скрытое исполнение, в случае необходимости, будет представлять значительную трудность.

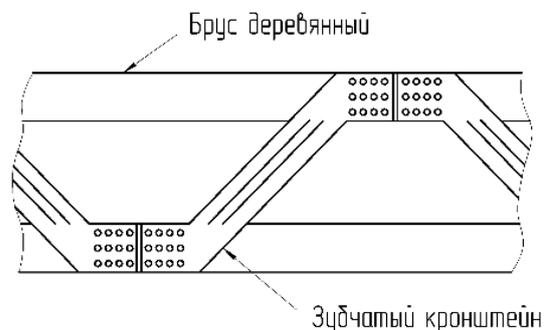


Рис. 1. - Конструкция металло-деревянных балок

Для сокращения расходов древесины, повышения несущей способности и жесткости, используют дощатоклеенные балки (возможно применение древесины более низкого качества) [2]. За счет набора пакета, например, фанеры можно получить балку высоких эксплуатационных свойств. Однако стандартные листы фанеры изготавливают размером от 1220 до 3050 мм, что делает метод невозможным для получения длиномерных балок из целых полос. Кроме того, фанера имеет пространственные отклонения, в результате остаточных напряжений при ее производстве, что сказывается на качестве производимого бруса (имеет место не прямолинейность и скрученность изделий). Использование в качестве составляющих элементов строганых брусков сводит к получению описанных выше брусков сращенных зубчатым шипом.

Одним из вариантов решения проблемы повышения несущей способности деревянного бруса, при сохранении эстетических свойств, и возможности использования его при внутренней отделке, является армирование [6]. Технология сращивания брусков, при этом, позволяет добиваться скрытого исполнения армирующих прутков (рис. 2). Вопросами армирования деревянных конструкций занимались Щуко В.Ю., Щуко С.А., Смирнов Е.А., Козулин А.Я., Лебедева Л.В., Климов С.В. и др. Армирование балок уменьшает высоту сечения на 25-30% и на 15-25% массу, сокращает расход древесины на 30-40% и на 12-18% снижает себестоимость [7].

Разработанная технология, при использовании стальной арматуры, имеет следующую последовательность. Первоначально осуществляют приготовление клеевой композиции для склеивания арматуры с древесиной. Лучшими композициями являются составы на основе эпоксидных смол, имеющих в своем составе: эпоксидно-диановую смолу; пластификатор; отвердитель; наполнитель (песок речной, портландцемент). Параллельно

данному процессу осуществляют фрезерование пазов (прямоугольного или полукруглого профиля) и подготовку арматуры (резка или сращивание по длине, очистка от загрязнений и ржавчины, обезжиривание). Затем переходят к укладке и запрессовке арматуры. Данная операция выполняется, как правило, на отдельных элементах (заготовках), что позволяет выделить эту операцию и производить ее на отдельном участке параллельно другим.

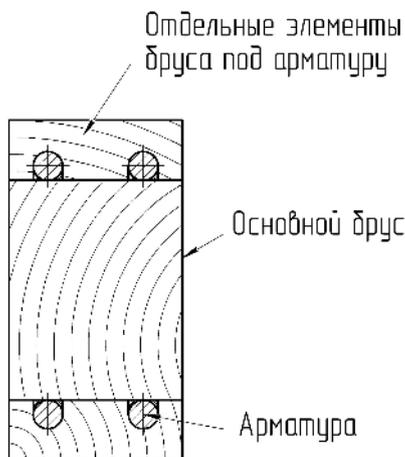


Рис. 2. - Поперечное сечение армированной балки

Нанесение эпоксидной композиции в пазы производится с помощью шприца или шпателя. При вклеивании арматуры рекомендуется создавать лишь минимальное (контактное) давление запрессовки $0,5...1 \text{ кг/см}^2$ ($0,05...0,1 \text{ МПа}$), прижимами в точках, расположенных по длине арматуры на расстоянии, равном $25d$ (d – диаметр арматуры). Продолжительность склеивания находится в пределах от 12 до 24 часов при температуре $t=20^\circ\text{C}$ и от 2 до 4 часов при $t=50...60^\circ\text{C}$. На последнем этапе при наборе клееного пакета армированные заготовки укладываются в крайние зоны по высоте сечения конструкций.

В литературе, для стальной арматуры, приводятся основные правила конструирования деревянных армированных балок [7]:

- поперечное сечение балок конструируется, как правило, прямоугольным постоянной высотой, при экономическом обосновании – двутавровым или коробчатым;

- высота поперечного сечения назначается от $1/15$ до $1/20$ от длины балки, ширина сечения принимается с учетом существующего сортамента пиломатериалов;

- рекомендуется симметричное армирование в сжатой и растянутой зонах;

- рациональный процент армирования $1,2...3,5\%$.

После компоновки армированного сечения балки по приведенным выше основным правилам конструирования, сечение проверяется на действие:

- нормальных напряжений в арматуре;

- скалывающих напряжений в древесине без учета арматуры;

- касательных напряжений в клеевом шве, соединяющем арматуру с древесиной;

- главных растягивающих напряжений под углом в волокнах древесины;

- прогиб армированной балки по второй группе предельных состояний.

Проведенные исследования [7] показали, что армированные металлическими прутками деревянные балки обладают несущей способностью в 2 раза выше, по сравнению с клеешпалками, и в три раза выше, чем балки составного сечения на податливых связях. При повышенной несущей способности армированные балки имеют наименьший прогиб при приложении максимальной нагрузки.

В последние годы в строительной отрасли активно используется стеклопластиковая арматура (СПА). Применение данного материала при армировании деревянных балок имеет ряд неоспоримых преимуществ, к которым можно отнести:

- меньшая в 5 раз масса, по сравнению с металлической арматурой;

- высокая коррозионная стойкость;

- непрерывный цикл производства СПА любой строительной длины;

- относительно высокая податливость при упругом изгибе позволит использовать СПА при изготовлении криволинейных конструктивных элементов;

- идентичное химическое родство СПА и клеевого состава эпоксидной композиции обеспечит большее сцепление, чем с металлической арматурой.

Учитывая приведенные преимущества можно прогнозировать высокую технологичность метода армирования деревянных балок СПА, лучшие прочностные показатели и хорошие эстетические свойства новых полифункциональных изделий. Разработка методов непрерывного, поточного армирования деревянных балок является актуальной задачей, подлежащей тщательной проработке. При этом необходимо решать вопросы разработки схем армирования и методов укладки прутков в пазы, состава и условий сушки клеевого состава, натурных испытания и теоретических расчетов, разработки технологий производства балок длиной 4 м и более. При этом вопросы повышения несущей способности деревянных балок, а также уменьшения материалоемкости производства, при относительном снижении затрат на изготовление аналогичных по характеристикам балок позволит выйти на качественно новый уровень проектирования и изготовления ответственных элементов конструкций.

Библиографический список

1. Балка. – <http://www.ingcoma.com/brusbalka.html>
2. Ковальчук, Л.М. Усиление деревянных клеёных балок однонаправленной фанерой / Л.М. Ковальчук, А.С. Жукова, Е.М. Знаменский и др. // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1978. – № 12. – С. 22–26.
3. Линьков, И.М. Снижение материалоемкости деревянных конструкций / И.М. Линьков. – М.: Стройиздат, 1974. – 48 с.
4. Метало-деревянная балка. – <http://www.garus.ru/production/balka/>
5. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП П-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.

6. Рощина, С.И. Армированные деревянные конструкции / С.И. Рощина // Архитектура и строительство России. – №3, 2008. – С. 34–39.

7. Щуко, В.Ю. Клееные армированные деревянные конструкции / В.Ю. Щуко, С.И. Рощина // Учебное пособие. – Владимир, ВлГУ, 2008. – 82с.

УДК 691.54

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ «ЗОЛА И ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫЙ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОР» НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

COMPLEX ADDITIVES EFFECT OF «SLAG AND POLYCARBOXYLATE SUPERPLASTICIZER» ON THE PROPERTIES AND STRUCTURE OF CEMENT ROCK

Трофимов Б.Я., д.т.н., профессор, Бутакова М.Д., к.т.н., доцент, Федосеев А.В., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

Аннотация. Приведены данные экспериментов о влиянии комплексной добавки на свойства и структуру цементного камня, представлены результаты термоанализа образцов цементного камня с добавкой и без нее, проведен анализ результатов исследования, представлен расчет экономической эффективности от применения комплексной добавки в цементных композициях.

Abstract. The data of experiments on the effect of complex additives on the properties and structure of cement rock, presents the results of thermal analysis of samples of cement rock with and without it, analyzed the results of the research, provided the calculation of the cost-effectiveness of the use of complex additive in cement compositions.

Ключевые слова: цемент, зола, поликарбоксилатный суперпластификатор, цементный камень, дериватограмма, прочность, плотность.

Keywords: cement, slag, polycarboxylate superplasticizer, cement rock, derivation, resistibility, specific gravity

На современном этапе развития перед обществом стоит ряд важнейших вопросов, связанных с проблемой сохранности окружающей среды и организмов, напрямую контактирующих с ней. Кроме того, необходимо решать задачи энергоэффективности и ресурсосбережения. Оба этих вопроса относятся в том числе к строительной сфере экономики.

В связи с тем, что промышленные отходы повсеместно доступны по значительно более низким ценам, чем портландцемент, использование пуццолановых добавок, заменяемых для частичной замены цемента, может привести к получению значительного экономического эффекта. Технологические выгоды от введения минеральных добавок в бетон включают повышение его непроницаемости и химической стойкости, улучшение сопротивления трещинообразованию при тепловой обработке и увеличение предела прочности [5].

В России эксплуатируется около 200 ТЭС, работающих на угле и горючих сланцах. Ежегодно на ТЭС образуется около 50 млн.т. топливных отходов, из которых утилизируется не более 10%, а остальная часть сбрасывается в отвал. Уже по состоянию на 2005 год в отвалах российских ТЭС было накоплено не менее 1,3-1,5 млрд. т. топливных отходов.

Необходимость экономить природные ресурсы и защитить окружающую среду, сокращая площади, занятые отвалами, порождает новую тенденцию в отраслях промышленности, связанных с потреблением в больших объемах природного сырья и образованием многотоннажных отходов. Такой подход в полной мере относится к использованию золошлаковых отходов ТЭС в цементной промышленности, а конкретно к золе-унос [3].

Согласно ГОСТ 25137-82 «Материалы нерудные строительные, щебень, песок плотные из от-

ходов промышленности, заполнители для бетона пористые. Классификация» зола-унос – это тонкодисперсный материал, образующийся на тепловых электростанциях в результате сжигания углей в топках котлоагрегатов и собираемый золоулавливающими устройствами. Использование пуццолановых свойств золы путем введения её и как компонента в портландцементный бетон или смешанные портландцементы делает её применение экономически выгодным [1].

Далее оценим влияние комплексной добавки «зола-унос и поликарбоксилатный суперпластификатор» на свойства цементного камня и его структуры.

В эксперименте использовался цемент ПЦ400-Д20 ОАО «Лафарж Цемент» - «Уралцемент», в котором в качестве активной минеральной добавки используется гранулированный доменный шлак в количестве 13,5...15,0%. В качестве активной минеральной добавки применялась зола-уноса, образующаяся в результате сжигания Экибастузского угля на Рефтинской ГРЭС. В качестве мелкого заполнителя применяли кварцевый песок. Добавки – GleniumACE 430, GleniumSKY 504 [2].

Для достижения цели работы был реализован двухфакторный эксперимент, варьируемыми факторами были расход воды и доля золы-уноса в составе вяжущего. Дозировка золы – 5...10 % от массы цемента [4].

Оценку эффективности проводилась сравнением свойств и структуры следующих составов:

- 1) состав без добавок;
- 2) состав с использованием поликарбоксилатного суперпластификатора GleniumACE 430 в дозировке 1%;
- 3) состав с использованием поликарбоксилатного суперпластификатора GleniumSKY 504 в дозировке 1%.

Для определения прочности и плотности камня вяжущего при сжатии из теста нормальной густоты готовили образцы-кубы с ребром 2 см. Цементное тесто укладывали в форму и уплотняли в течение 2 мин на виброплощадке, после чего по-

мещали форму в ванну с гидравлическим затвором над водой на 24 часа. Через сутки образцы распулубливали и помещали в ванну с водой, где хранили при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ согласно ГОСТ 310.4 (так называемое «водное твердение» или ВТ).

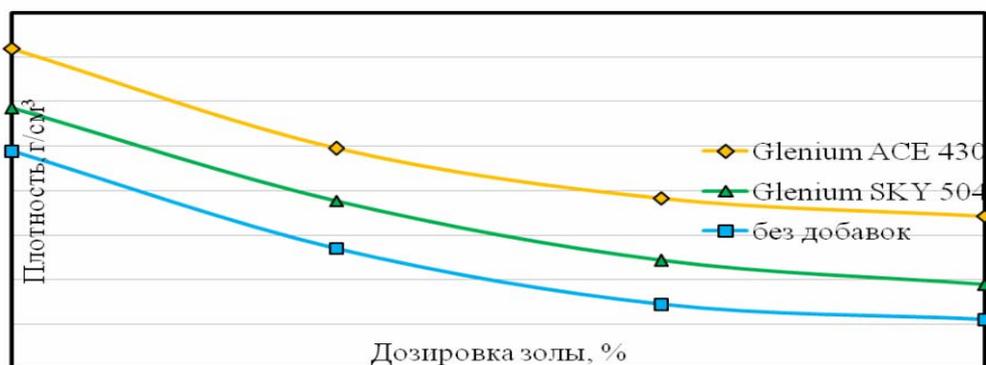


Рис. 1 – Плотность цементного камня после 28 суток ВТ

Как видно из рисунка 1 введение золы приводит к снижению плотности цементного камня, тем больше, чем выше количество вводимой золы. Это можно объяснить более низкой насыпной плотностью золы по сравнению с цементом, а также наличием полых сфер.

В комплексе с добавками наблюдается увеличение плотности, вследствие уменьшения количества воды затворения и формирования плотной структуры, по сравнению с бездобавочным цементом.

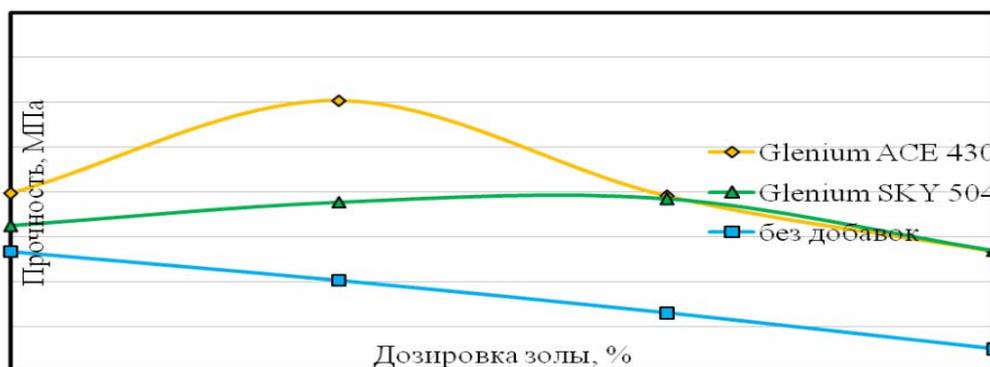


Рис. 2 – Прочность цементного камня после 28 суток ВТ

На цементе без поликарбоксилатных добавок наблюдается снижение прочности цементного камня на сжатие с повышением дозировки золы. По-видимому, это связано с повышенной водопотребностью вяжущего в присутствии зол. Следствием повышенного содержания воды помимо высокой капиллярной пористости может быть ещё и факт образования большого количества стерических пор, которые образуются при протекании пуццолоновой реакции из-за разрыва полупроницаемой пленки под воздействием осмотического давления. Эти поры отделяют частицы пуццоланы от цементного камня, тем самым влияя на прочность в зоне контакта.

Если рассматривать комплексно золу с добавками, то видно, что для каждой добавки есть определенный рубеж роста прочности от количества вводимой золы. Для SKY 504 он составляет 10%, после чего прочность падает, для ACE 430 - 5%.

Данное явление может обуславливаться формированием более плотной структуры с пониженной пористостью с заполнением последних гидратными новообразованиями от вступившей в реакцию золы. Понижение же прочности обуславливается меньшим количеством выделяемого $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в ходе гидратации цемента, что приводит к слабому протеканию пуццолоновой реакции. Непрореагировавшая часть золы служит инертным наполнителем и не участвует в реакции.

Для оценки количественного содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне различных составов в возрасте 28 суток водного твердения и роли золы в формировании структуры цементного камня был проведен дифференциально-термический анализ.

На дериватограммах всех составов зафиксированы эндоэффекты при $120\text{-}150^\circ\text{C}$ и $750\text{-}810^\circ\text{C}$, соответствующие дегидратации смеси ГСК разной основности, а также эндоэффект при $490\text{-}510^\circ\text{C}$, относящийся к разложению $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

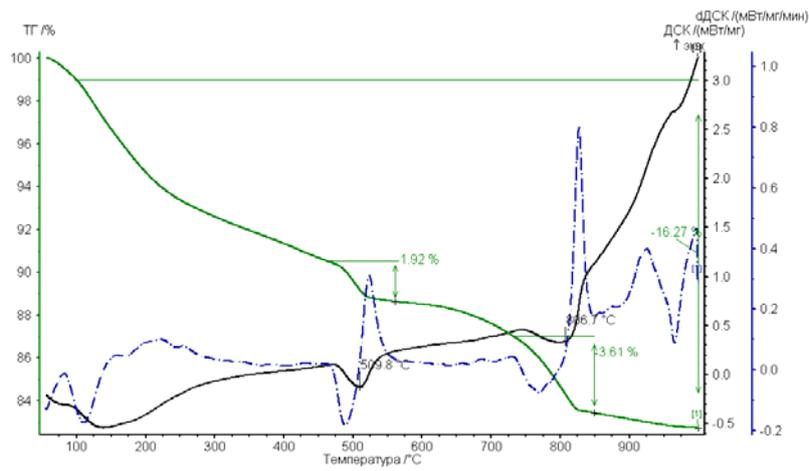


Рис. 3 – Дериватограмма цементного камня без добавок после 28 суток ВТ

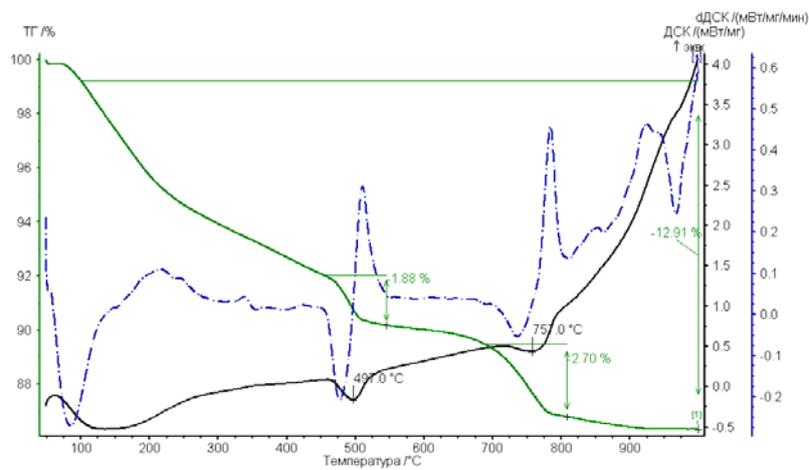


Рис. 4 – Дериватограмма цементного камня с 1% GleniumACE 430 после 28 суток ВТ

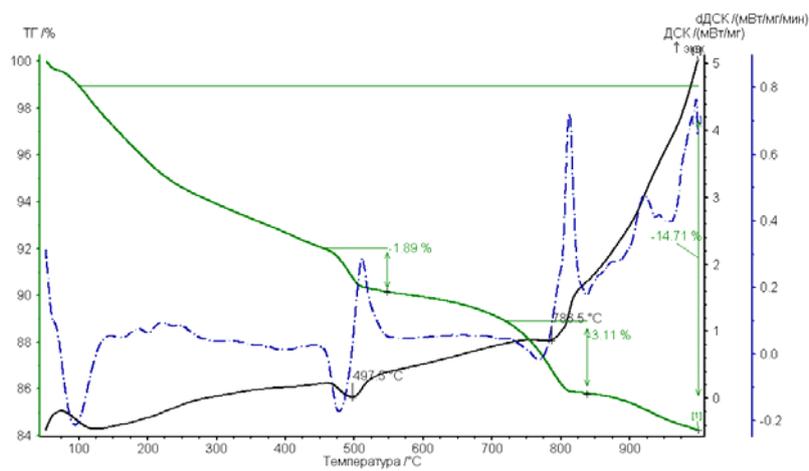


Рис. 5 – Дериватограмма цементного камня с 1% GleniumSKY 504 после 28 суток ВТ

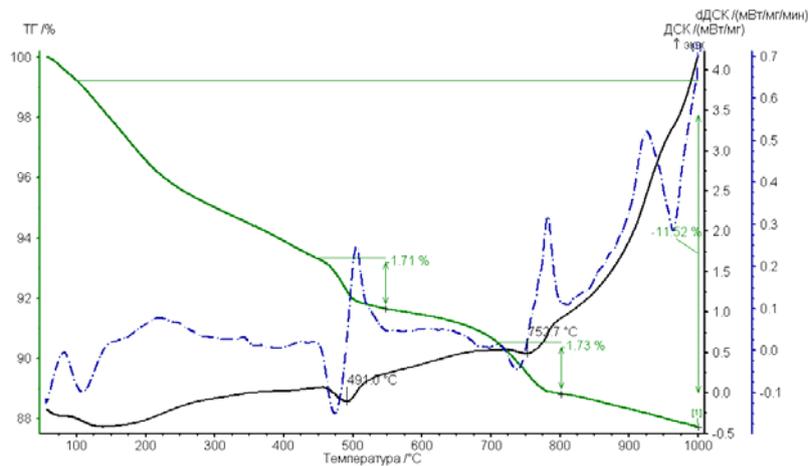


Рис. 6 – Дериватограмма цементного камня с 5% золы-уноса после 28 суток ВТ

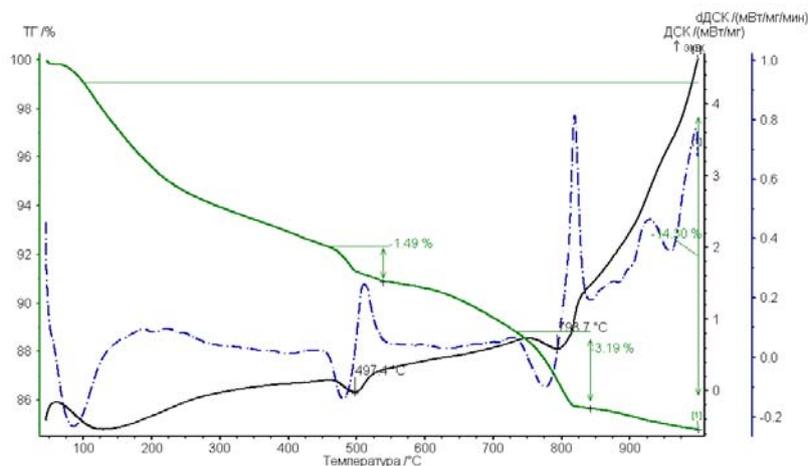


Рис. 7 – Дериватограмма цементного камня с 1% GleniumACE 430 и 5% золы-уноса после 28 суток ВТ

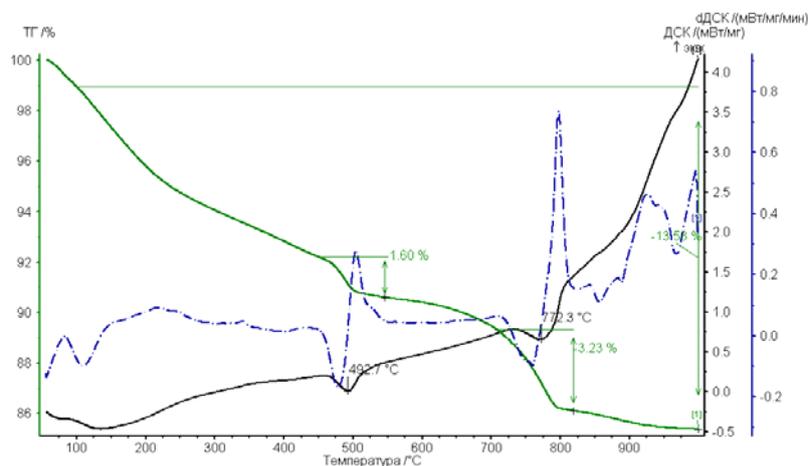
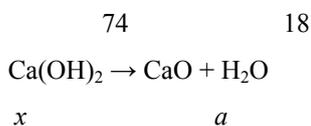


Рис. 8 – Дериватограмма цементного камня с 1% GleniumSKY 504 и 5% золы-уноса после 28 суток ВТ

По потере массы в интервале температур 490-510 °С, соответствующему протеканию эндотермической реакции разложения $\text{Ca}(\text{OH})_2$, определим его содержание в цементном камне согласно уравнению реакции:



$$x = \frac{a * 74}{18} * 100\%, \quad (4)$$

где x – содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в цементном камне, %; a – потери массы за счет отщепления воды при разложении $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Сводные данные по содержанию $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в различных составах (7) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание Ca(OH)₂ в цементном камне

	Состав	Содержание Ca(OH) ₂ , %
1.	Без добавок	7,89
2.	1% Glenium ACE 430	7,73
3.	1% Glenium SKY 504	7,77
4.	5% золы	7,03
5.	1% Glenium ACE 430 и 5% золы	6,13
6.	1% GleniumSKY 504 и 5% золы	6,58

Полученные данные наглядно отображают, что введение золы способствует снижению содержания гидроксида кальция за счёт его связывания в низкоосновные гидросиликаты кальция.

Исходя из полученных оптимальных дозировок золы на различных карбоксилатах был сделан расчет экономической эффективности.

Для добавки GleniumACE 430 из оптимального интервала 4...6% золы-уноса от массы цемента для расчета примем среднее значение – 5%.

Для добавки GleniumSKY 504 из оптимального интервала 6...9% золы-уноса от массы цемента для расчета примем среднее значение – 7,5%.

Оценка эффективности применения разработанных комплексных добавок предполагает сравнение себестоимости модифицированных бетонных смесей с себестоимостью аналогичных материалов, получаемых без предлагаемых комплексов добавок, если внедрение добавок не влечет за собой увеличение капитальных вложений в технологию изделий.

Исходные цены на сырьевые материалы (без НДС) следующие:

- цемент ПЦ400-Д20 – 3700 руб/т;
- песок – 220 руб/т;
- щебень – 450 руб/т;
- вода – 12 руб/м³;
- зола-унос ТЭС – 200 руб/т;
- химическая добавка «Полипласт СП-1» – 65 руб/кг;
- химическая добавка «MasterGleniumACE 430» – 90 руб/кг;
- химическая добавка «MasterGleniumSKY 504» – 75 руб/кг.

Расчет производился на 1 м³ с учетом процентного содержания компонентов. Данные представлены в нижеследующих таблицах.

Таблица 2 – Расход и себестоимость материалов на 1 м³ исходной бетонной смеси

Материал	Ед. изм.	Норма расхода на 1 м ³	Цена (без НДС), руб.	Стоимость, руб.
Цемент ПЦ400-Д20	т	0,533	3700	1972,1
Песок	т	0,622	220	136,84
Щебень	т	1,064	450	478,8
Вода	м ³	0,187	12	2,244
«Полипласт СП-1»	кг	5,3	65	344,5
Итого:				2 934,48

Таблица 3 – Расход и себестоимость материалов на 1 м³ бетонной смеси с использованием комплексной добавки «Зола-унос и Glenium ACE 430»

Материал	Ед. изм.	Норма расхода на 1 м ³	Цена (без НДС), руб.	Стоимость, руб.
Цемент ПЦ400-Д20	т	0,465	3700	1720,5
Песок	т	0,638	220	140,36
Щебень	т	1,091	450	490,95
Вода	м ³	0,173	12	2,076
Зола-унос ТЭС	т	0,024	200	4,8
«Glenium ACE 430»	кг	3,3	90	297
Итого:				2 655,69

Таблица 4 – Расход и себестоимость материалов на 1 м³ бетонной смеси с использованием комплексной добавки «Зола-унос и Glenium SKY 504»

Материал	Ед.изм.	Норма расхода на 1 м ³	Цена (без НДС), руб.	Стоимость, руб.
Цемент ПЦ500-Д0	т	0,454	3700	1679,8
Песок	т	0,623	220	137,06
Щебень	т	1,065	450	479,25
Вода	м ³	0,187	12	2,244
Зола-унос ТЭС	т	0,034	200	6,8
«Glenium SKY 504»	кг	3,2	75	240
Итого:				2 545,15

Из данных представленных в таблицах 2...4 видно, что себестоимость 1 м³ бетонной смеси снизилась на 278,80 руб. (9,5%) при использовании Glenium ACE 430 и на 389,33 руб. (13,3%) при использовании GleniumSKY 504 в комплексе с золой-унос Рефтинской ТЭС. Таким образом, можно сделать вывод, что переход от добавки Полипласт СП-1 к комплексной добавке «Зола и поликарбоксилатный суперпластификатор» влечёт за собой удешевление бетонной смеси, а значит экономически целесообразно.

Выводы исследования:

1. Методом дифференциально-термического анализа показано, что введение золы в состав вяжущего способствует снижению содержания гидроксида кальция за счёт связывания его в новообразования.

2. Выявлено, что введение золы в состав цементной композиции увеличивает водопотребность этой системы, что может быть связано с наличием частиц в составе золы обладающих развитой удельной поверхностью и частиц несгоревшего топлива, следствием которых явилось образование полых сфер. Часть этих сфер имеет повреждения, через которые вода затвердения проникает внутрь частицы и по существу исключается из общего объёма воды затвердения.

3. Установлено, что суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов при использовании в цементных системах способны в значительной мере снизить водоцементное отношение и повысить прочность в марочном возрасте, сохра-

нив при этом высокую подвижность цементного теста.

4. Выявлен определённый оптимум дозирования золы-уноса в сочетании с исследованными суперпластификаторами в различных композициях, который положительно сказывается на их прочностных характеристиках.

Для добавки GleniumACE 430 наблюдается рост прочности цементного камня при введении Рефтинской золы-уноса до 4...6% от массы цемента, дальнейшее увеличение ведёт к значительному спаду прочности цементного камня.

Для добавки GleniumSKY 504 этот оптимум в пределах 6...9% от массы цемента, дальнейшее увеличение ведёт к значительному спаду прочности цементного камня.

Библиографический список

1. ГОСТ 25137 – 82 Материалы нерудные строительные, щебень и песок плотные из отходов промышленности, заполнители для бетона пористые. Классификация, 2000. – 7 с.
2. ГОСТ 24211-91 Добавки для бетонов. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.
3. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций / НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1986. – 80 с.
4. Зедгинидзе, И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И.Г. Зедгинидзе. – М.: Наука, 1970. – 390 с.
5. Рамачандран, В. Минеральные добавки / В. Рамачандран // Добавки в бетон: Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1988. – 570 с.

УДК 666.971

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОЙ КОМПОЗИЦИИ STUDY OF THE EFFECT OF NANOSIZED ALUMINUM OXIDE ON THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF POLYMERCEMENT COMPOSITION

*Герасимова Е.С., ст.преподаватель, Владимирова Е.В., к.х.н.,
старший научный сотрудник, Васильев В.Г., к.х.н., доцент*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
г. Екатеринбург

Институт химии твердого тела УрО РАН, г. Екатеринбург

Аннотация. Изучено влияние разного количества наноразмерного Al_2O_3 на прочность полимермодифицированного цементного камня.

Abstract. The Influence of different quantity of nanosized Al_2O_3 on strength of a polymer-modified hydrated cement stone is studied.

Ключевые слова: оксид алюминия, прочность при изгибе и сжатии, модификация, цементный камень

Keywords: aluminum oxide, flexural strength, compression strength, modification, hydrated cement

Развитие нанотехнологий в строительном материаловедении ставит целый ряд новых задач: создание доступных технологий получения наноразмерных частиц (частиц с одним из размеров менее 100 нм) из разных материалов; изучение различных свойств материалов, содержащих наноразмерные частицы (механических, оптических, магнитных, химической активности, прочности, деформативности), их зависимость от размера час-

тиц; а также управление свойствами композиционного материала, формирование в нем принципиально новых свойств, за счет направленного изменения его структуры на наноразмерном уровне [1].

В связи с этим была поставлена цель - изучить влияние наноразмерного оксида алюминия на прочность полимер-модифицированного цементного камня.

Для работы использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5Н; два вида Al_2O_3 : первый (1), приобретенный в ООО «Нанокорунд» (г. Саров) и второй (2), полученный термогидролизом хлорида железа в институте химии твердого тела УрО РАН [2, 3]. В качестве полимерных модификаторов использовали винилацетатный редиспергируемый порошок (PAV-22) и стирол-акрилатную жидкую дисперсию (Acronal 290D).

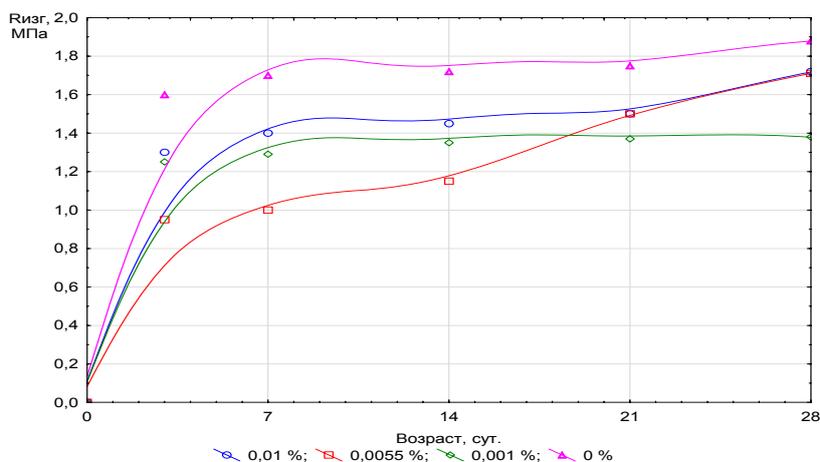
На первом этапе подбиралось оптимальное количество полимерных добавок-модификаторов. Для порошка PAV-22 было выбрано 2,5 %, а для дисперсии – 3 % от массы цемента.

Для изучения влияния разного количества Al_2O_3 на прочность полимермодифицированного цементного камня формировались составы, содержащие 0,001, 0,0055 и 0,01 % добавок от массы цемента, затем у них определялась прочность при

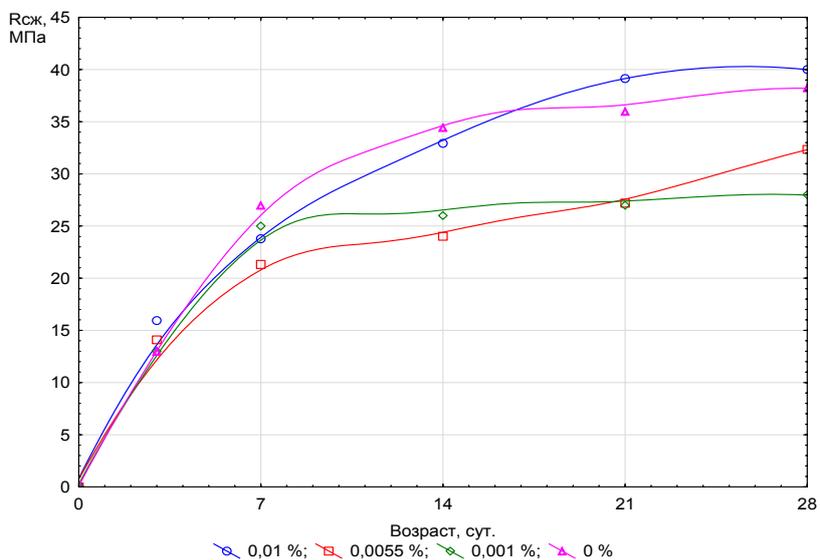
изгибе и сжатии в различном возрасте (рисунок 1, 2). При формировании сохранялось одинаковое В/Ц, условия хранения – комбинированные.

Выяснили, что введение выбранных добавок замедляет процессы твердения полимерцементного камня. Присутствие оксида алюминия (1) значительно снижает прочность камня по сравнению с прочностью контрольного состава. Введение оксида алюминия (2) практически не снижает прочность при изгибе, а прочность при сжатии состава, содержащего 0,001 % добавки к 28 суткам оказывается выше контрольного на 4 МПа.

На рисунках 3 и 4 представлены графики набора прочностей камня в присутствии жидкой дисперсии. Прочность камня в присутствии дисперсии и Al_2O_3 так же снижается, причем прочность при сжатии значительно выше, чем прочность при изгибе.

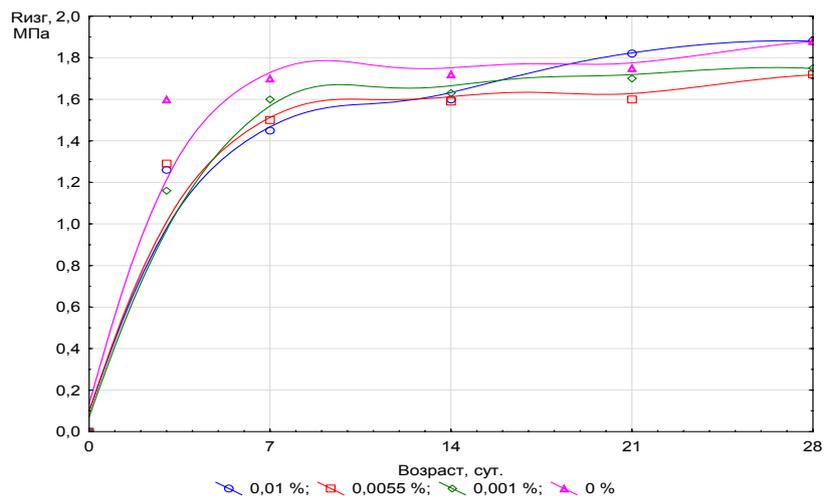


а) предел прочности при изгибе

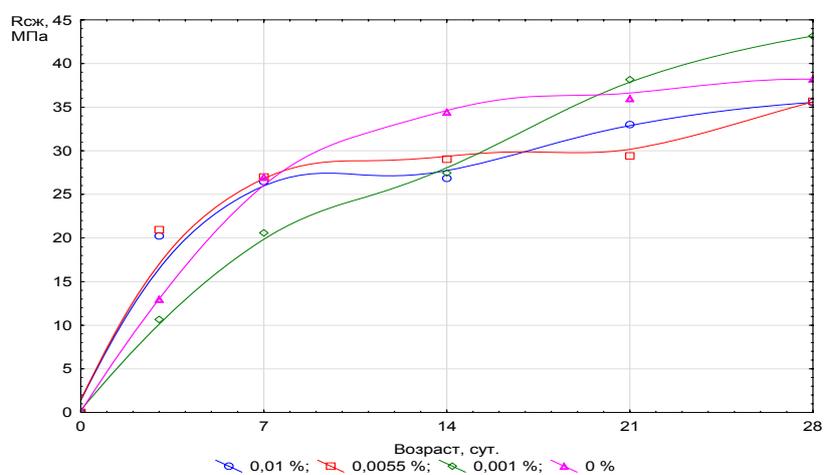


б) предел прочности при сжатии

Рис. 1 - Кинетика набора прочности полимерцементного камня в зависимости от количества Al_2O_3 (1), (PAV-22)

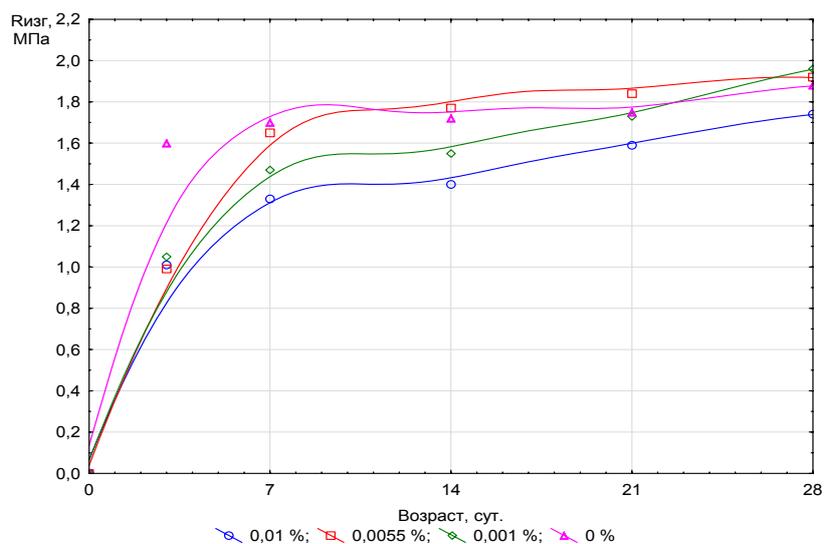


а) предел прочности при изгибе

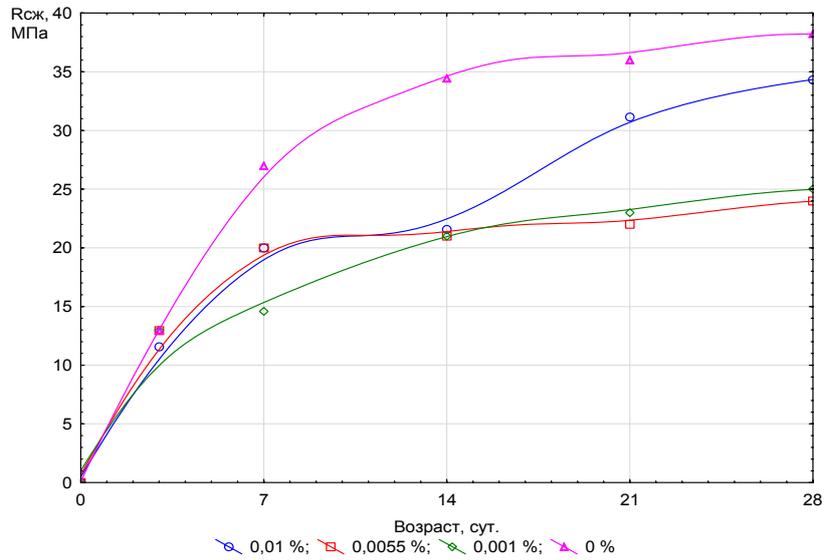


б) предел прочности при сжатии

Рис. 2. - Кинетика набора прочности при изгибе и при сжатии полимерцементного камня в зависимости от количества Al₂O₃ (2), (PAV-22)

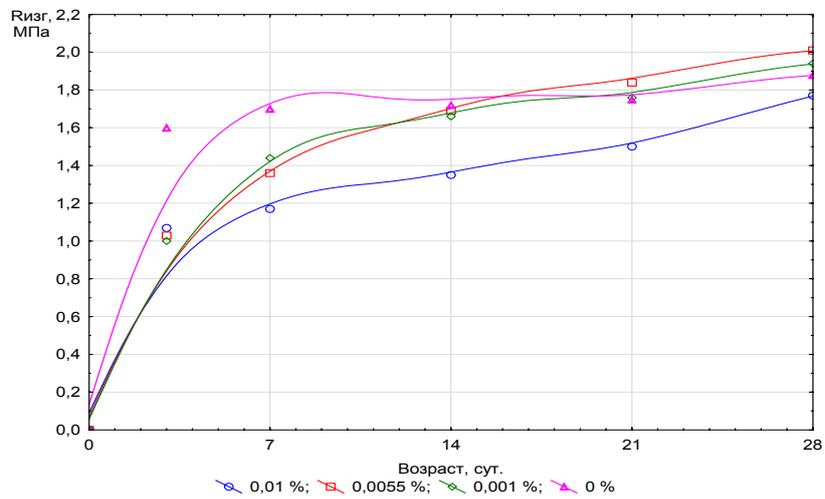


а) предел прочности при сжатии

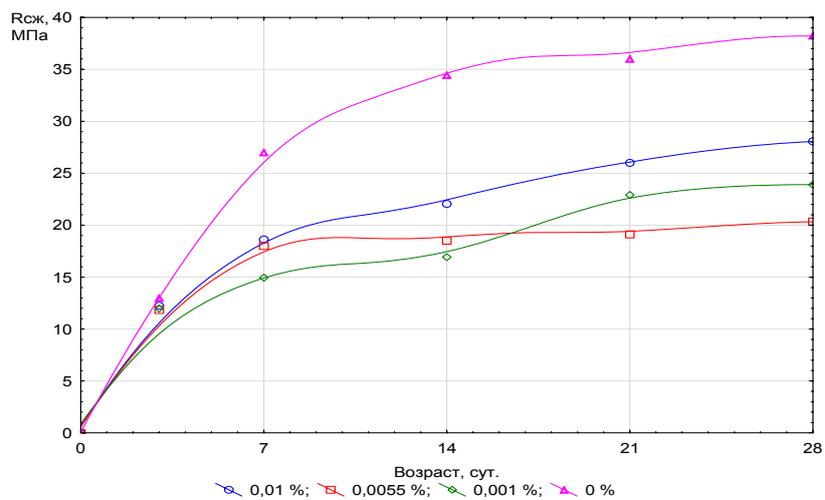


б) предел прочности при сжатии

Рис. 3. - Кинетика набора прочности при изгибе и при сжатии полимерцементного камня в зависимости от количества Al_2O_3 (1), (Acronal 290D)



а) предел прочности при изгибе



б) предел прочности при сжатии

Рис. 4. - Кинетика набора прочности при изгибе и при сжатии полимерцементного камня в зависимости от количества Al_2O_3 (2), (Acronal 290D)

Установили, что при получении полимерцементной композиции, содержащей выбранные полимерные модификаторы желательнее использовать оксид алюминия, синтезированный в ИХТТ УрО РАН. Но для более четких выводов, необходимо проведение дополнительных долгосрочных исследований.

Библиографический список

1. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы. / Д.И. Рыжонков, В.В. Левина, Э.Л. Дзидзигури. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 368 с.
2. Патент 2384522 Российская Федерация, МПК8 C01B13/20. Способ получения наночастиц оксида металла. / В.Г. Васильев, А.В. Баженов, Е.В. Владимиро-

ва, В.Л. Кожевников, А.П. Носов, Е.С. Мохорт (Герасимова), Т.С. Чистякова; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук. – № 2008127042/15; опубл. 20.03.2010. Бюл. № 8. 9 с.

3. Патент на полезную модель 98936 Российская Федерация. Установка для термогидролиза соли или смеси солей. / Т.С. Чистякова, В.Г. Васильев, Е.В. Владимирова, В.Л. Кожевников, А.П. Носов, В.Л. Кожевников; заявитель и патентообладатель: Институт химии твердого тела Уральского Отделения Российской Академии наук. – № 2010122303; опубл. 10.11.2010. Бюл. № 31. 6 с.

УДК 666.9.015.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК-ИНТЕНСИФИКАТОРОВ НА ТЕМПЕРАТУРЫ ОБЖИГА МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

STUDY ON THE EFFECT OF SUPPLEMENTATION WITH INTENSIFIERS ON THE FIRING TEMPERATURE MAGNESIAN ROCKS

Черных Т.Н., к.т.н., доцент, Аверина Г.Ф., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет).

Аннотация. В статье исследуются пути повышения энергоэффективности обжига магнезиальных горных пород путем добавления в шихту добавок-интенсификаторов. Рассмотрены механизм и природа влияния добавок, а также зависимость их эффективности от химического состава.

Abstract. This article describes ways to improve the calcination of magnesium rocks with additives, intensifiers. The mechanism of influence, the nature of additives and their effectiveness are considered.

Ключевые слова: магнезит, брусит, доломит, серпентин, периклаз, интенсификатор, обжиг, горные породы.

Keywords: Magnesite, brucite, dolomite, serpentine, periclase, intensifier, calcination, rocks.

Магнезиальные вяжущие вещества обладают высокими технологическими, эксплуатационными характеристиками и большим потенциалом улучшения их качества, снижения себестоимости и повышения энергоэффективности производства. Кроме того, магнезиальное вяжущее и изделия на его основе являются биологически инертными, то есть экологически безопасными [1, 2, 3].

Магнезиальное вяжущее получают из высокомагнезиальных горных пород, таких как магнезит, доломит, серпентины, дунит, брусит [4, 5]. Наиболее перспективным сырьем являются серпентинизированные бруситы [6, 7], а также доломиты [8], т.к. они содержат большое количество оксида магния, но при этом не востребованы в других отраслях промышленности из-за высокого содержания примесей [9].

Наиболее эффективным путем повышения качества и снижения себестоимости магнезиальных вяжущих является введение в обжигаемую шихту добавок-интенсификаторов [10-14]. Известно, что на обжиг магнезита расходуется примерно 85% от общего объема энергозатрат, связанных с получением вяжущего [15]. Добавки-интенсификаторы позволяют существенно снизить энергозатраты за счет уменьшения температуры разложения основного или примесного минерала и получить качественный продукт при снижении расхода топлива на 20-30%. Если говорить о доломите, то его обжиг без введения специальных добавок нецелесообразен, т.к. температуры разложе-

ния магниевой и кальциевой составляющих близки, и при обжиге без добавок сложно получить вяжущее с достаточным количеством оксида магния без образования вредного оксида кальция [16, 17]. Введением добавок-интенсификаторов можно существенно снизить температуру разложения магниевой составляющей доломита, практически не изменяя температуру разложения кальциевой составляющей. Для серпентинизированных магнезиальных горных пород, таких как брусит и магнезит, важным фактором является температура разложения примесной серпентиновой составляющей, так как серпентины теряют воду в широком интервале температур с 600 до 1000 °С [18, 19, 20]. Выделяемые из серпентинита пары воды не дают кристаллам периклаза кристаллизоваться до нужного размера, в связи с чем для получения качественных вяжущих при обжиге без добавок требуется высокая температура [21].

Целью исследования является поиск наиболее эффективных добавок-интенсификаторов для снижения температуры обжига четырех видов магнезиальных горных пород: доломита, магнезита, серпентинизированного брусита и серпентинизированного магнезита, а также выявление общих принципов и природы их влияния.

Для изучения процессов, происходящих в шихте с добавками при обжиге, использовали метод термического анализа – дериватографию. Введение добавок-интенсификаторов производили

путем совместного помола добавки и горной породы в отношении 100/2.

Результаты термического анализа горных пород с добавками сравнивали с результатами термического анализа чистых горных пород. По разнице температур разложения основных и примесных минералов в горных породах были составлены диаграммы эффективности добавок (рис. 1, 2).

Значительного понижения температуры обжига магнезита и доломита можно достичь, используя в качестве интенсификатора нитраты, хлориды или фториды (рис. 1), что согласуется с некоторыми литературными данными [22]. При этом прослеживается закономерность по катиону: эффективность добавки снижается с уменьшением радиуса катиона в ряду $K^+ \rightarrow Na^+ \rightarrow Li^+ \rightarrow Mg^{2+}$. К малоэффективным добавкам следует отнести сульфаты и ацетаты, которые снижают температуру разложения магнезита в среднем на 60 °С, а на магниевую составляющую доломита не влияют. Использование наиболее эффективных добавок позволит понизить температуру обжига магнезита на 200 °С и приведет к значительной экономии тепловых ресурсов. В случае с доломитом, понижение температуры разложения магниевой составляющей позволит раздвинуть температурный интервал получения доломитового вяжущего и обеспечить качество готового продукта (рис. 1б).

При обжиге серпентинизированного брусита и магнезита наиболее эффективными с точки зрения снижения температуры разложения серпентина являются группы хлоридов и фторидов. Введением

добавок других групп не удалось снизить температуру разложения серпентина более чем на 50 °С (рис. 2).

Если посмотреть на выявленный в ходе эксперимента ряд эффективности добавок, то прослеживаются две основных зависимости:

1. наиболее сильное влияние оказывает катион, эффективность добавки убывает с увеличением электроотрицательности ее катиона в ряду $K^+(0,82) \rightarrow Na^+(0,93) \rightarrow Li^+(0,98) \rightarrow Mg^{2+}(1,31) \rightarrow Zn^{2+}(1,65) \rightarrow Fe^{2+}(1,83) \rightarrow Cu^{2+}(1,90)$

2. вторую роль играет анион, эффективность добавок убывает в ряду $NO_3^- \rightarrow Cl^- \rightarrow F^- \rightarrow SO_4^{2-} \rightarrow CH_3COO^-$.

Это хорошо согласуется с общепринятым принципом жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО), который относится к взаимодействиям в теории кислот и оснований Льюиса. По этой теории основание отдаёт электронную пару при образовании ковалентной связи с кислотой Льюиса, у которой есть вакантная орбиталь. Это хорошо согласуется с общепринятым принципом жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО), который относится к взаимодействиям в теории кислот и оснований Льюиса. По этой теории основание отдаёт электронную пару при образовании ковалентной связи с кислотой Льюиса, у которой есть вакантная орбиталь. Согласно этому принципу Пирсон классифицировал кислоты и основания на мягкие и жёсткие.

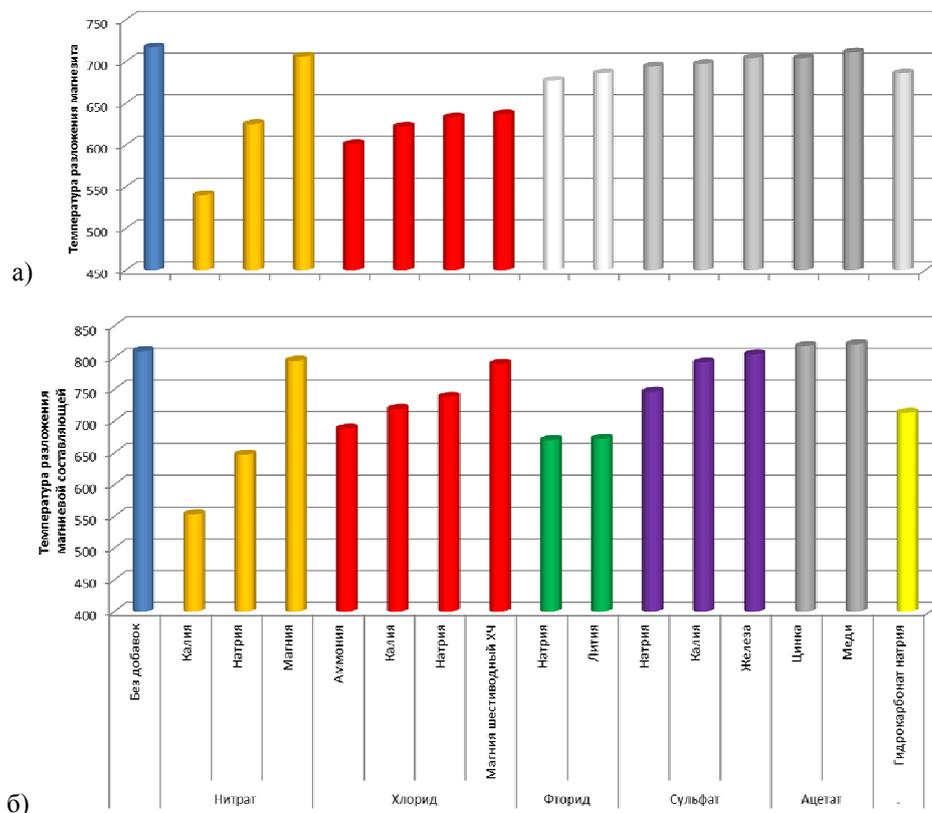


Рисунок 1 – Диаграммы температур разложения магнезита (а) и магниевой составляющей доломита (б)

Жёсткие кислоты, к которым относятся Li^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} – это акцепторы электронной пары, обладающие малым размером, большим положи-

тельным зарядом, большой электроотрицательностью и низкой поляризуемостью. Молекулярная орбиталь, на которую переходит электронная пара,

у жёстких кислот имеет низкую энергию. Жёсткие основания (F-, Cl-, NO₃-, SO₄²⁻, CO₃²⁻) – это доноры с аналогичными свойствами (с большим отрицательным зарядом, большой электроотрицательностью и низкой поляризуемостью). Их орбиталь, с которой отдаётся электронная пара, также имеет низкую энергию. Мягкие кислоты – это кислоты Льюиса с малым положительным зарядом, большим размером, низкой электроотрицательностью и

высокой поляризуемостью. Мягкие основания – это основания Льюиса с теми же свойствами. Как у мягких кислот, так и у мягких оснований энергия орбиталей, участвующих в реакции высока. Поскольку такие свойства как заряд, электроотрицательность и поляризуемость изменяются плавно, существует ряд кислот и оснований Льюиса, которые занимают промежуточное положение между жёсткими и мягкими (Cu²⁺, Fe²⁺, Zn²⁺) [23].

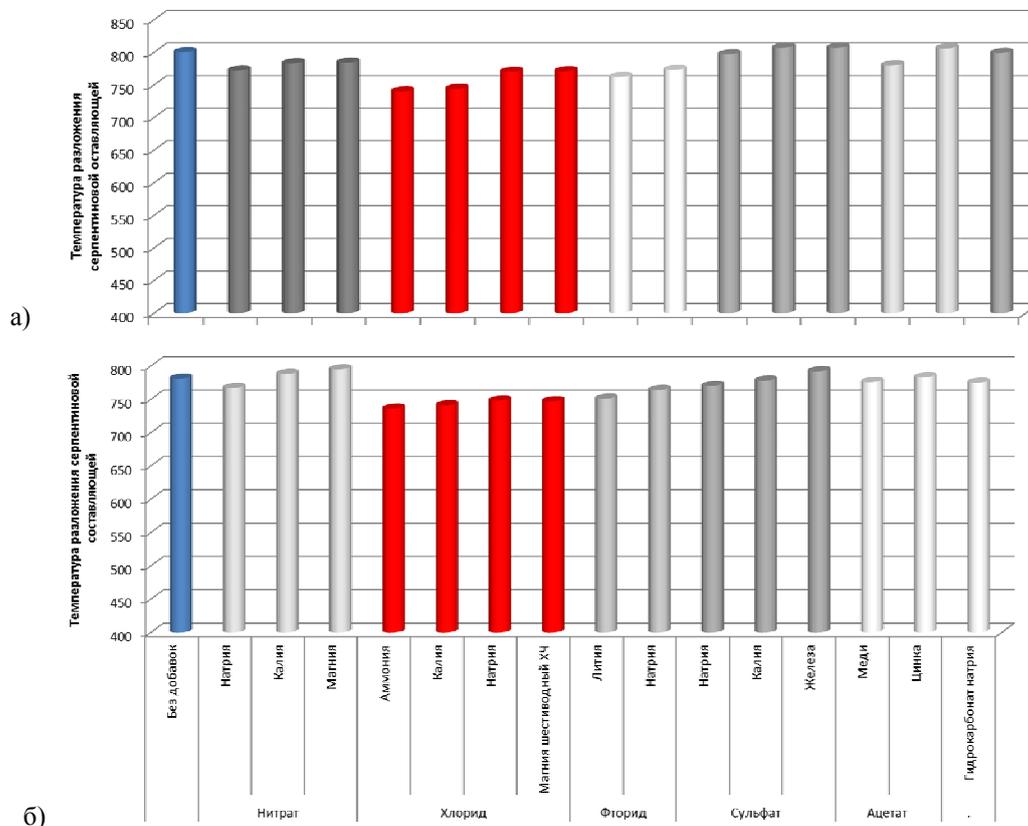


Рис. 2 – График температур разложения серпентиновой составляющей серпентинизированного брусита (а) и магнезита (б)

Жёсткость кислоты или основания означает его склонность образовывать связи преимущественно ионного характера, а мягкость кислоты или основания — склонность к образованию связей ковалентного характера. Наиболее эффективные из исследуемых добавки-интенсификаторы относятся к веществам, состоящим из жесткой кислоты и основания. Из-за того, что у них электронная пара значительно смещена в сторону катиона с высо-

кой электроотрицательностью, добавка обладает выраженной полярностью связи. Полярность связи можно характеризовать дипольным моментом – произведением конечного заряда на расстояние между зарядами. Следовательно, полярность связи тем больше, чем больше расстояние между положительным и отрицательным зарядами. Расчетная длина связи для рассматриваемых добавок приведена в табл.1.

Таблица 1- Длина связи рассматриваемых добавок

Добавка-интенсификатор	Расчетная длина связи (нм)	Добавка-интенсификатор	Расчетная длина связи (нм)
Нитрат калия	0,786	Хлорид магния шестиводный ХЧ	0,518
Нитрат натрия	0,698	Фторид лития	0,518
Нитрат магния	0,658	Хлорид аммония	0,469
Хлорид калия	0,628	Сульфат натрия	0,460
Фторид натрия	0,628	Сульфат железа	0,438
Хлорид натрия	0,558	Ацетат цинка	0,430
Сульфат калия	0,530	Ацетат меди	0,408

Как видно из полученных данных нитраты, хлориды и фториды действительно имеют наибольшие расчетные длины связей. Молекулы этих добавок обладают наибольшими дипольными моментами и, как следствие, наиболее полярностью. Экспериментальные данные так же подтверждают эффективность добавок именно этих групп.

Таким образом, основным фактором, влияющим на эффективность добавки, является величина полярности связи веществ, на которые разлагается добавка-интенсификатор при нагревании. При этом механизм действия добавок вне зависимости от вида пород сводится к следующему. При нагревании пород ионы, которые располагаются в узлах их кристаллических решеток, начинают интенсивнее колебаться, благодаря превращению подводимой извне тепловой энергии в кинетическую энергию движения атомов. Когда кинетическая энергия движения атомов превышает величину энергии связи между соседними атомами, эта связь разрушается и начинается процесс разложения минерала. При введении в шихту добавки, ионы которой имеют заряды, происходит ускорение процессов разложения, т.к. заряженный ион, находясь рядом с атомом в узле кристаллической решетки, либо притягивает его, либо отталкивает, но в любом случае увеличивает интенсивность колебаний атома. Это ведет к разрыву связей при более низкой температуре.

Библиографический список

1. Баранов, И.М. Проблемы нормирования свойств магнезиальных вяжущих строительного назначения и их разрешение / И.М. Баранов // *Строительные материалы*. – 2014. – № 3. – С. 45–48.
2. Erdman, S.V. Magnesia binder preparation from local natural and technogenic raw materials / S.V. Erdman, K.M. Gapparova, T.M. Khudyakova, A.V. Tomshinaa, // *Procedia Chemistry*. – 2014. – №10. – P. 310–313.
3. del Valle-Zermeño, R. Low-Grade Magnesium Oxide by products for environmental solutions: Characterization and geochemical performance / R.del Valle-Zermeño, J. Giró-Paloma, J. Formosa, J.M. Chimenos // *Journal of Geochemical Exploration*. – 2015. – doi: 10.1016/j.gexplo.2015.02.007.
4. Крамар, Л.Я. Теоретические основы и технология магнезиальных вяжущих и материалов. Автореферат дисс. на соискание степени доктора технических наук / Л.Я. Крамар. – Челябинск, 2007. – 42 с.
5. Bishimbaev, V Complex use of mineral and technogenic magnesia raw materials for the production of building materials and products / V Bishimbaev, T. Khydyakova, V. Verber, K. Gapparova, // *Journal «Industry of Kazakhstan»*. – 2011. – № 69. – P. 71–73.6. De Silva, P. Chemical, microstructural and strength development of calcium and magnesium carbonate binders / P. De Silva, L. Bucea, V. Sirivivatnanon // *Cement and Concrete Research*. – 2009. – №39. – P. 460–466.
7. Li, G. Experimental study on urban refuse/magnesium oxychloride cement compound floor tile / G. Li, Yu, J. Li, Y. Wang, H. Liu. // *Cement and Concrete Research*. – 2009. – №33. – P. 1663–1668.
8. Носов, А. В. Магнезиальное вяжущее из доломитов и материалы на его основе: Автореф. Дисс. Канд. Технические наук. / А.В. Носов. – Челябинск, 2014. – 22 с.
9. Xu Lingling, Dolomite used as raw material to produce MgO based expansive agent / Xu Lingling, Deng Min // *Cement and Concrete Research*. – 2005. – №35. – P. 1480–1485.
10. Черных, Т.Н. Снижение температуры магнезиального вяжущего из бруситов / Т.Н. Черных, А.А. Орлов, Л.Я. Крамар, Б.Я. Трофимов, А.В. Перминов // *Magazine of Civil Engineering*. – 2013. – № 3. – P. 29–35.
11. Орлов, А.А. Энергосбережение при получении магнезиального вяжущего строительного назначения / А.А. Орлов, Л.Я. Крамар, Б.Я. Трофимов // *Строительные материалы*. – 2011. – №8. – С. 58–61.
12. Орлов, А.А. Магнезиальное вяжущее низкотемпературного обжига из бруситовых пород и материалы на его основе: Автореф. Дисс. Канд. Технические наук. / А.А. Орлов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 23 с.
13. Aphane, M. E. The hydration of magnesium oxide with different reactivities by water and magnesium acetate: submitted in fulfilment of the requirements for the degree of master of science. / M.E. Aphane. – University of South Africa. 2007. – 144 с.
14. Shamshurov, V.M. Investigation of the kinetics of carbonate dissociation in technological mixtures / V.M. Shamshurov, T.I. Timoshenko // *Collection of scientific papers of International scientific and practical conference “Energy-saving technology in the building materials industry”*. – Belgorod, 2008. – P. 345–355.
15. Орлов, А.А. Низкообжиговое магнезиальное вяжущее из бруситовых пород / А.А Орлов, Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, Б.Я. Трофимов, Е.С. Белобородова, // *Вестник ЮУрГУ*. – 2010. – №33. – С. 25–28.
16. Носов, А.В. Высокопрочное доломитовое вяжущее / А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар, Е.А. Гамалий // *Вестник ЮУрГУ*. – 2013. – №1. – С. 30–37.
17. Keiko Sasaki, Effect of natural dolomite calcination temperature on sorption of borate onto calcined products / Keiko Sasaki, Xinhong Qiu, Yukiho Hosomomi, Sayo Moriyama, Tsuyoshi Hirajima // *Microporous and Mesoporous Materials*. – 2013. – №171. – С. 1–8.
18. Nahdi, K. Mg(OH)₂ dehydroxylation: A kinetic study by controlled rate thermal analysis (CRTA) / K. Nahdi, F. Rouquerol, M.T. Ayadi // *Solid State Sciences*. – 2009. – №11. – С. 1028–1034.
19. Mironyuk, I.F. Magnesia formed on calcination of Mg(OH)₂ prepared from natural bischofite / I.F. Mironyuk, V.M. Gun'ko, M.O. Povazhnyak, V.I. Zarko, V.M. Chelyadin, R. Lebeda, J. Skubiszewska-Zie, W. Januszc // *Applied Surface Science*. – 2006. – №252. – С. 4071–4082.
20. Горшков, В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
21. Karimi, Y. Effect of magnesium chloride concentrations on the properties of magnesium oxychloride cement for nano SiC composite purposes / Y. Karimi, A. Monshi // *Ceramics International*. – 2011. – №37. – С. 2405–2410.
22. Harper, F.C. Effect of calcinations temperature on the properties of magnesium oxide for use in magnesium oxychloride cements / F.C. Harper // *Journal of Applied Chemistry*. – 1967. – V. 17, №1. – С. 5–10.
23. Москва, В.В., Понятие кислоты и основания в органической химии / В.В. Москва. // *Соросовский образовательный журнал*. 1996. – № 12. – С. 33–40.

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТА ШПЦ 300 MODIFICATION OF BLAST-FURNACE CEMENT SPC 300

Киль П.Н., аспирант, Кулешова Э.А., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Исследовано влияние добавок-ускорителей на твердение и свойства бетонов на шлакопортландцементе ШПЦ 300. В качестве ускорителей использовали высокоактивные минеральные добавки – микрокремнезем и метакаолин, а также формиаты натрия и кальция. В качестве водоредуцирующей добавки использовали поликарбоксилатные суперпластификаторы. Выявлено, что наиболее эффективным ускорителем твердения является метакаолин. Долговечность бетона в большей степени определяет микрокремнезем и формиат натрия. Все добавки являются эффективными только при совместном использовании с суперпластификатором.

Abstract. The influence of additives on the accelerator and hardening properties of concrete on the slag SPC 300. As accelerators used highly mineral supplement - fume and metakaolin and sodium formate and calcium. As water reduction additives used polycarboxylate superplasticizers. Found that the most effective hardening accelerator is metakaolin. The durability of concrete largely determines sodium formate and microsilica. All supplements are effective only when used in conjunction with superplasticizer.

Ключевые слова: добавки-ускорители, метакаолин, микрокремнезем, шлакопортландцемент (ШПЦ), прочность, морозостойкость.

Keywords: additives accelerators, metakaolin, silica fume, slag cement (SPC), strength, resistance to frost.

Потребность строительной индустрии в качественных и менее энергозатратных материалах приводит к актуализации применения добавок многофункционального действия. Для одновременного получения высокой ранней и марочной прочности с одновременным повышением долговечности бетона, как правило, добавки применяют в комплексе

Для наиболее эффективного модифицирования шлакопортландцементов необходимо применение комплексных добавок, включающих в себя водоредуцирующую добавку и добавку – ускоритель твердения [1]. В настоящее время самыми эффективными водоредуцирующими добавками являются пластификаторы на основе эфиров поликарбоксилатов, способные к снижению водопотребности вяжущего не менее 40%.

В качестве наиболее эффективных добавок – ускорителей применяют хлориды кальция, железа, алюминия, сульфаты натрия, калия и алюминия, нитраты натрия, кальция, и другие соли-электролиты [2,3,4]. Однако, известно, что хлориды и сульфаты могут вызвать коррозию арматуры и снизить долговечность железобетона, вследствие чего, их применение в производстве железобетона ограничено. В связи с этим в настоящее время в качестве ускорителей предпочтительно использовать формиаты кальция и натрия, нитраты натрия и кальция, тиосульфаты щелочных, щелочно-земельных металлов и роданидов [5,6,7]. Кроме минеральных и органических солей, для ускорения гидратации и твердения цементного камня и бетона также применяют активные минеральные добавки (АМД) [8]. В качестве АМД используют, как побочные продукты промышленности, так и специально полученные добавки – микрокремнезем (МК), метакаолин (МН), зола рисовой шелухи и др., что является целесообразным с экономической точки зрения и одновременно способствует улучшению экологической обстановки, повышению экс-

плуатационных свойств и долговечности получаемых бетонов и изделий из них [9,10,11,12].

Исследования Б.Я. Трофимова [13,14,15] показали, что бетоны на шлакопортландцементе обладают более высокими показателями морозостойкости для сборного железобетона, чем на рядовых портландцементе. Выбор добавок – ускорителей для активации твердения ШПЦ следует проводить с учетом того, что доменные гранулированные шлаки включают до 30...40 % слабозакристаллизованных минералов, по активности близких к β - C_2S , таких как геленит, мелилит, окерманит, мервинит и аморфную фазу – алюмо-силикатное стекло. Поэтому для ускорения гидратации и твердения ШПЦ в нормальных условиях необходимы эффективные добавки-ускорители как для C_3S и β - C_2S , так и минералов шлака и стеклофазы.[10].

Таким образом, целью настоящего исследования является разработка эффективных комплексов добавок, способствующих повышению ранней и марочной прочности бетонов на шлакопортландцементе при твердении в нормальных условиях с одновременным обеспечением высокой морозостойкости.

В работе использовали: магнитогорский ШПЦ 300, по ГОСТ 10178-85; метакаолин производства ЗАО «Пласт-Рифей», ТУ 5729-095-51460677-2009; гранулированный микрокремнезем (г. Новокузнецк Кемеровской обл.), ТУ 5743-048-02495332-96; формиат натрия по ТУ 05870-048-00369171-04 и формиат кальция по ТУ 2432-100-05761790-95, поликарбоксилат GlenuimAce 430 производства фирмы «BASF».

Для изучения набора прочности и морозостойкости согласно ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» из тяжелого бетона изготавливали образцы-кубы с ребром 10 см, твердевшие при температуре $20 \pm 2^\circ C$ и относительной влажности 95-100%. Морозостойкость определяли в соответ-

вии с ГОСТ 10060.0–2012 «Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании» третьим ускоренным методом, замораживанием образцов до -50°C , в 5%-ом водном растворе хлорида натрия с оттаиванием также в растворе соли. Состав тяжелого бетона по ГОСТ 10180-2012: Цемент = 350 кг; Песок = 680 кг; Щебень = 1250 кг; Glenuim Ace430 = 2.8 кг (расход материалов на 1м^3). Подвижность бетонной смеси на всех составах

составляла $12\pm 2\text{см}$ (ПЗ), степень уплотнения бетонной смеси 0,98.

Проведение исследований

Изучение влияния комплексных добавок-ускорителей на набор прочности бетонных образцов при нормальном твердении подтвердило положительное влияние применяемых добавок. Кинетика набора прочности бетона с комплексными добавками до 28 суток твердения в нормальных условиях на основе ШПЦ 300 представлена на рис.1.

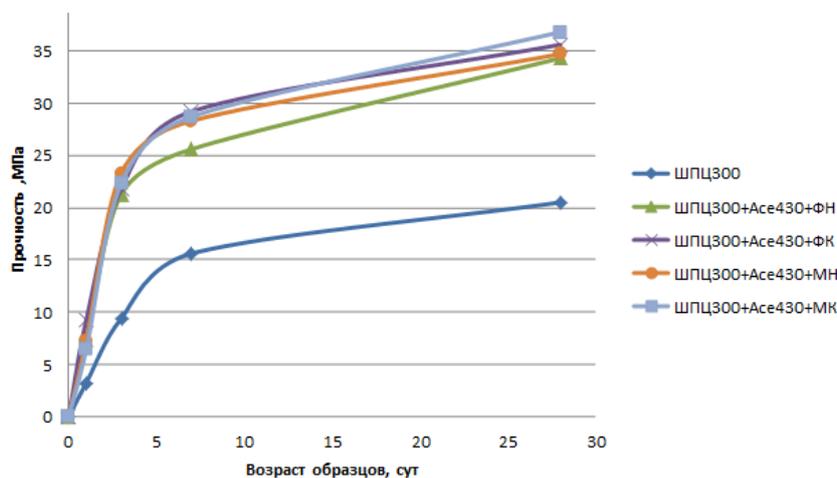


Рис.1. - Кинетика набора прочности бетона с комплексными добавками до 28 суток твердения в нормальных условиях на ШПЦ 400

Применение всех комплексов добавок на ШПЦ 300 уже к 3 суткам твердения обеспечивает набор прочности в 2 – 2.5 раза больше по сравнению с контрольным составом. В возрасте 28 суток прочность бетона с комплексными добавками увеличилась на 70-90% в сравнении с контрольным составом. Кроме этого, следует отметить, что для бетонных образцов на основе ШПЦ 300 к 28 суткам твердения без применения тепловой обработки, предпочтительнее использовать комплексную добавку «GlenuimAce430 + МК», которые позволяют получить прочность выше, чем у контрольного состава на 90%.

Оценка морозостойкости тяжелых бетонов с принятыми добавками-ускорителями при твердении в нормальных условиях представлена на рис.2.

Анализ морозостойкости показал, что введение только водоредуцирующей добавки не столь эффективно как в комплексе с добавкой – ускорителем и позволяет получать бетон с маркой по морозостойкости F_{1500} . Введение комплекса «Ace 430+МН» позволяет повысить морозостойкость бетона на 1 марку по сравнению с Ace430 и обеспечить марку F_{1600} . Введение же комплексов «GlenuimAce430 + МК» «GlenuimAce430 + ФН» позволяет повысить морозостойкость до F_{1000} .

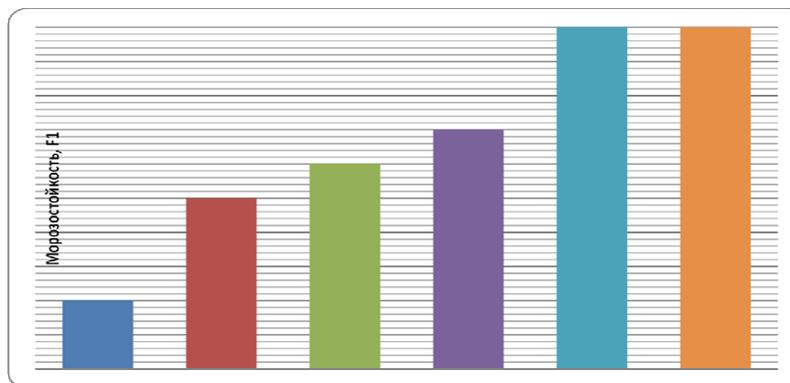


Рис.2. - Морозостойкость бетонов с комплексными добавками на ШПЦ 400

Таким образом, введение разработанных комплексных добавок позволяет:

– получить быстротвердеющие и долговечные бетоны нормального твердения на ШПЦ 300 с морозостойкостью F_{1000} ;

– повысить прочность образцов бетона на шлакопортландцементе ШПЦ 300 при нормальном твердении в 3х суточном возрасте на 200 - 250% по сравнению с контрольным составом.

– получить на ШПЦ 300 бетоны классов В35 и выше с применением комплексных добавок без тепловлажностной обработки.

Библиографический список

1. Сватовская Л.Б., Сычев М.М. Активированное твердение цементов. – Л.: Стройиздат, 1983. –160 с.
2. Рамачандран, В. Добавки в бетон / В. Рамачандран: Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1988. – с. 575, 9.
3. Сватовская, Л.Б. Активированное твердение цементов / Л.Б. Сватовская, М.М. Сычев. – Л.: Стройиздат, 1983. – 159 с. 8.
4. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. –187 с.
5. Башлыков, Н.Ф., Вайнер, А.Я., Серых, Р.Л., Фаликман, В.Р. //Бетон и железобетон. – 2004. – №6 с13-16
6. Батраков, В.Г./В.Г. Батраков: Модифицированные бетоны. Теория и практика. –1998.–768с.
7. Тейлор, Х. Химия цемента/ Х. Тейлор. –М.:Мир, 1996–560с.
8. Малолепши, Я. Влияние метаксаолина на свойства цементных растворов / Я. Малолепши, З. Питель // Химические и минеральные добавки в бетон. – Харьков: Колорит, 2005. – С. 61-77.
9. Кирсанова А.А. Органоминеральные модификаторы на основе метаксаолина для цементных бетонов/А.А. кирсанова, Л.Я. Крамар// Строительные материалы, 2013.-Вып. 13. - с45-48.
10. Heikal M. Effect of Calcium formate as an accelerator on the physiochemical and mechanical properties of poz-zolanic cement pastes/ // Cement and Concrete Research. 2004.№34.P.1051–1056.
11. Кирсанова А.А., Крамар Л.Я., Черных Т.Н., Стафеева З.В., Аргынбаев Т.М. Комплексный модификатор с метаксаолином для получения цементных композитов с высокой ранней прочностью и стабильностью//Вестник ЮУрГУ.2013. Вып. 13.№1. с.49-57.
12. Дворкин Л.И., Лушникова Н.В., Рунова Р.Ф. и др. Метаксаолин в строительных растворах и бетонах. – Киев: Издательство КНУБіА. 2007. 215с.
13. Трофимов Б.Я. Принципы повышения стойкости бетона при морозной и сульфатной агрессии путем модифицирования гидратных соединений. //Автореферат на соискание учен. степени док. техн. наук. – 1991. 50 с.
14. Трофимов Б.Я. Регулирование морозостойкости бетона на шлакопортландцементе. //Популярное бетоноведение, 2009 г. – №5. –С. 34-48.
15. Трофимов Б.Я. Морозостойкость пропаренного бетона на шлакопортландцементях./ Б.Я. Трофимов, Г.Г. Мишаилов, Е.А. Гамалий //Вестник ЮУрГУ, 2011. – Вып. 14. – №17. – С. 33-37.

УДК:624.011

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ADVANTAGES OF NATURAL MATERIALS

Маннанова К.У., д.т.н., доцент, Маннопова Б.А.

Туринский университет, г. Ташкент

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы о преимуществах природных материалов используемые в строительстве.

Abstract. This article below the questions about the benefits of natural materials used in construction.

Ключевые слова: натуральные материалы, древесина, мрамор, камень, строительные материалы

Keywords: natural materials, wood, marble, stone, building materials.

В наше время мы имеем доступ к материалам самого разного происхождения. Однако, производители, в погоне за прибылью, снижают качество товаров или делают их из сомнительных материалов, подвергая опасности своих покупателей. На каждом шагу говорят о выгодах, но умалчивают, какой эффект производит подобная продукция на организм человека в течение времени.

История строительства насчитывает многие тысячелетия. Человек начал строить, как только у него появилась потребность в собственном убежище. Люди всегда чувствовали могучую силу природы, и старались жить в единении с ней, используя различные натуральные материалы в зависимости от своих потребностей и климатических условий. И только лишь недавно, почти утратив связь с окружающим миром, мы приучили себя к использованию искусственных и вредных продуктов, что разрушающим образом влияет на наше здоровье и душевное равновесие.

Если вы строите дом для семьи, своих детей и внуков, то наверняка находитесь в поиске натуральных, экологических и полезных строительных материалов, которые оздоравливают и, заодно, создают необходимый уют в доме. Помимо того, что вся натуральная продукция безвредна, она создает в доме особую, волшебную атмосферу. Каждый натуральный материал – настоящий и живой, и зачастую, может многое о себе рассказать. Делая мягкие шаги по теплому, чуть скрипучему деревянному полу, прикасаясь с палитрой нежных натуральных запахов, рождающихся из сочетания натуральных материалов, вы естественным образом погружаетесь в родную среду. Живые материалы всегда радуют глаз, приводя в баланс нервную систему, а их структура всегда уникальна и приятна на ощупь. Дом превращается в место, где хочется отдыхать, расслабляться и набираться сил. Преимущества природных материалов:

- Долговечные и качественные.

- Экономят средства.

За счёт повышенного срока службы, энергоэффективности и пониженного расхода материалов при монтаже.- Безопасны при эксплуатации и утилизации.- Гипоаллергенны, обладают антисептическими свойствами, регулируют микроклимат.- Эстетичны. Природная текстура радует глаз и приятна на ощупь.- Прекрасно подходят для отделки детских комнат, спален и офиса. Вопреки прогнозам футурологов, в XXI веке мы так и не переселились в высокотехнологичные апартаменты, заполненные сплошь стеклом и металлом, а всё так же предпочитаем окружать себя предметами из натуральной древесины, камня и меха.

Грубой древесиной сейчас не только отделывают интерьеры, но и собирают из неё предметы мебели — вплоть до обеденных столов. Шкурами животных, как и много столетий назад, укрывают полы и мебель. Натуральным камнем декорируют стены, а дары моря по-прежнему расставляют по полочкам.

По мнению архитектора Мито Мелитоняна: — Натуральные материалы в интерьере используются достаточно часто. Целесообразность их предпочтения зависит от назначения помещения и стилистических решений, но при этом они всегда смотрятся выигрышно [1].

Очень часто дизайнеры и заказчики, комментируя применение натуральных материалов, упоминают их дороговизну. На самом деле это не всегда так, порой искусственный материал дороже натурального, и связано это, прежде всего, с издержками производства. Натуральные материалы всегда будут цениться больше, чем искусственные, не в плане стоимости, а в плане их восприятия.

Действительно, натуральные материалы сохраняют тепло солнца, даже если это камень. Приложите при случае ладонь к натуральной мраморной или гранитной плите и сравните потом ощущение от искусственной кухонной столешницы. Мрамор явно приятнее. Тактильные ощущения от натуральных материалов в корне разнятся с искусственными.

Архитектор Мито Мелитонян также отметил, что из недостатков натуральных материалов можно отметить, к примеру, невозможность выполнить те или иные формы — скажем, искусственный камень с внутренним армированием позволит сделать какую-то большую кухонную консоль, а для натурального материала придётся искать другое решение. Можно часто слышать, что не стоит делать кухонные столешницы из мрамора, потому что на них остаются следы, а для этого существуют различные пропитки [2].

Дерево в этом плане материал более гибкий. Натуральный деревянный пол — это самое лучшее решение для любого жилого пространства, даже если это не массив, а паркетная или инженерная доска или штучный паркет. Ламинат в сравнении с массивом — ничто, особенно если у вас есть домашние животные, например собака. Кладя лапы на её когти вы будете слышать из любого уголка квартиры, а натуральный материал весь звук заглушит. Ну и потом, ламинат — это, по сути, прессованная бумага.

Применение натурального текстиля сделает интерьер заметно более уютным: лён и хлопок в

качестве штор, войлок в обивке мебели, шерстяные пледы или покрывала. Как утверждает архитектор Мито Мелитонян, что он очень любит ткани на основе конопли, бамбука или джута, рогожи. Для того чтобы сделать из натуральных материалов современный интерьер, стоит выбирать фактуру без явной обработки, или такую, чтобы она выглядела как необработанная или состаренная [3].

Грубость поверхности, брутальность и простота конструктивных решений в сочетании с мягкостью текстиля и открытыми (бетон, металл, стекло) материалами, матовые поверхности — это то, что сейчас в тренде.

Натуральные материалы добывают непосредственно из недр, а также получают в результате переработки природных ресурсов (лес, некоторые виды растительности). При проведении промышленной обработки исходное природное сырьё изменяет только форму. Строение, структура, состав и свойства природных материалов, остаются прежними.

Натуральные строительные материалы производят из осадочных пород (мел, известняк, каолин, песок), магматических (туф, гранит, диорит, габбро, лабрадорит и пр.), метаморфических (сланцы, кварцит, мрамор и т.п.), органических ресурсов (шерсть, древесина). К природным строительным материалам относят натуральные неметаллорудные (кварц, слюда различных видов, тальк и пр.) и каменные материалы различной конфигурации и габаритов.

Все натуральные природные строительные материалы по природе происхождения принято разделять на органические и на минеральные (неорганические.)

Органические строительные материалы имеют растительный или животный генезис (древесина и ее производные, шерсть, солома, лузга, костра, коллаген, камыш). представители данной группы характеризуются незначительным объёмным весом, низкой прочностью, плохой стойкостью к воздействию агрессивных сред, слабой огнеупорностью. В связи с этим органические строительные материалы используют в строительстве при проведении облицовочных, кровельных, теплоизоляционных работ, в качестве конструктивных компонентов.

Минеральные строительные материалы. В их состав входят неорганические соединения, благодаря чему обладают хорошими эксплуатационными свойствами (высокая прочность, водостойкость, огнеупорность и др.). Минеральные строительные материалы применяют в качестве основных конструктивных элементов при возведении различных объектов.

В строительстве широко используют каменные природные материалы — горные породы, обладающие незаменимыми эксплуатационными свойствами.

Все горные породы принято классифицировать на три типа:

1. Первичные (магматические, изверженные) горные породы. Образованы в результате остывания расплавленной магмы и делятся на две группы: глубинные горные породы. Имеют плотное зернисто-кристаллическое строение, высокий пре-

дел прочности (сиенит, гранит, габбро). Изготовленные из них строительные материалы плохо поглощают воду, обладают высокой морозостойкостью; излившиеся горные породы. Имеют высокопористую и мелкокристаллическую структуру (базальт, вулканические пемзы и пеплы, порфир).

2. Вторичные (осадочные) горные породы. Сформировались из первичных горных пород в результате длительного воздействия воды, температуры, солнечной радиации, атмосферных газов. Подразделяются на: обломочные породы (песок, гравий, глина, щебень); химические породы (доломит, известняк, гипс); органогенные породы (диатомит, известняк-ракушечник, мел).

3. Видоизмененные (метаморфические) горные породы. Образовались из осадочных и изверженных пород под воздействием большого давления и значительных температур (мрамор, гнейс, кварцит).

Широкое использование природных каменных материалов в строительстве является высокоэффективным. Стеновые и облицовочные каменные материалы обладают высокой прочностью, долговечностью, требуют меньших эксплуатационных затрат. Натуральные каменные заполнители значительно уменьшают себестоимость строительных объектов, к тому же являются экологически чистым и долговечным строительным материалом.

Природные строительные материалы применяются при проведении следующих работ: возведение стен; облицовочные работы; дорожное и гидротехническое строительство; возведение конструктивных элементов; наружные и внутренние отделочные работы; производство ряда других строительных материалов (цемент, керамические изделия, гипс).

Также природные материалы используются в качестве заполнителей для растворов и бетонов.

В ассортименте строительных материалов появилось много новых наименований. Изделия могут быть представлены известными и авторитетными марками, а некоторые производятся новыми компаниями, качество продукции которых еще не проверено потребителями. Покупателей в строительных магазинах много, ведь сейчас каждый старается создать в доме комфортную, благоустроенную обстановку. Строительные материалы покупаются для косметических и капитальных ремонтов, магазины не всегда могут гарантировать соответствие своего товара санитарно-гигиеническим нормам. Но вредные вещества выделяются не только стройматериалами, но и предметами бытового назначения.

Для того чтобы обезопасить свой дом, квартиру, следует для ремонта или для обихода выбирать продукцию только проверенную, высококачественную. Квартиру нужно чаще проветривать, это также поможет очистить помещение. А для тщательной проверки дома на опасные вещества следует пригласить специалистов из СЭС.

С ростом популярности высокотехнологичных решений в интерьере востребованность натуральных материалов, как ни странно, только растёт. Более того, природные материалы всё чаще выбирают в минимальной обработке, а то и вовсе без неё.

Библиографический список

1. Мито Мелитонян «Словесный бокс архитектора» Архитектор, Дизайнер. Москва 2006
2. <https://ru-ru.facebook.com/MitoMelitonyan>
3. <https://ru-ru.facebook.com/MitoMelitonyan>

УДК 662.61

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПОЛИДИСПЕРСНОЙ ПРИРОДЫ НА СТРУКТУРУ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

EFFECT OF ORGANIC ADDITIVES ON NATURE POLYDISPERSITY CEMENT STONE STRUCTURE

Горбунов С.П., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментальных исследований влияния тонкомолотых минеральных добавок, работающих совместно с пластификаторами, на составы гидратных фаз. Показано, что комплексные добавки увеличивают дисперсность гидратных фаз, повышают их стабильность.

Abstract. The paper presents the results of experimental studies of the effect of fine ground mineral additives, working in conjunction with the plasticizers in the compositions of hydrated phases. It is shown that complex additives increase the dispersion of hydrated phases, increase their stability.

Ключевые слова: минеральные добавки, дисперсность гидратных фаз, степень гидратации.

Keywords: mineral supplements, dispersion of hydrated phases, the degree of hydration.

Способность материала противостоять трещинообразованию является функцией многих переменных, основными из которых, на наш взгляд, являются минимизация дефектности структуры цементных бетонов на микро - и макроуровнях, в качестве последнего выступает камень вяжущего, а также стабилизация демпфирующего компонента (геля гидросиликатов кальция) максимально длительный промежуток времени.

Наличие в структуре камня вяжущего компонента, способного релаксировать напряжения в локальном объеме материала за счет перераспределения концентраций напряжений путем пластических деформаций, позволяет перераспределять напряжения на кристаллический сросток гидратных фаз цементного камня, повышая тем самым потенцию системы сопротивляться длительному «деструктивному» воздействию внешней среды.

При этом часть работы разрушения затрачивается на пластическую деформацию материала в устье трещины, а оставшаяся доля работы идет на рост трещин. В этом случае величина среднего значения напряжений в материале мало изменяется, но резко снижается концентрация напряжений в местах дефектов структуры материала.

Как можно регулировать свойства цементных систем?

Этот вопрос не нов. Реальное решение обусловлено оптимизацией доли гелевой и кристаллической составляющих цементного камня [1,2]. Но проблемы, возникающие на этом пути, требуют строгого обоснования.

Целью настоящей работы является определение фазового состава и параметров структуры цементного камня в присутствии органоминеральных добавок различного вида как в процессе твердения, так и в условиях агрессивного воздействия (с позиций структурообразующих процессов) воздействия внешней среды.

Известно, что на морфологию гидратных фаз минералов цементного клинкера оказывает влияние большое число факторов, основными из которых являются:

- термодинамические параметры самопроизвольно протекающего процесса взаимодействия минеральной части клинкера с водой (температура, избыточное внешнее давление);
- дисперсность частиц твердой фазы и величина водотвердого отношения;
- вид и количество химических, в том числе гидратоинертных, добавок, вводимых в тесто вяжущего;
- длительность и условия твердения.

Продуктами гидратации минералов портландцементного клинкера имеют различную дисперсность, выделяясь либо в виде так называемых гелевидных структур, либо в виде хорошо закристаллизованных соединений. Кристаллическая фаза продуктов гидратации дополнительно к вышесказанному содержит небольшое количество этtringита и портландита.

Рассматривая процесс гидратации силикатных минералов клинкера с позиций термодинамики, можно отметить, что термодинамически стабильной формой гидратных фаз являются хорошо закристаллизованные гидросиликаты кальция с основностью 1,5 – 2.

Проведенные расчеты тепловых эффектов гидратации показывают, что этот параметр термодинамического процесса стоит в обратной зависимости от основности продуктов гидратации.

Именно это обстоятельство определяет термодинамическую неизбежность «старения» цементного камня. Однако же, термодинамика не исключает возможности метастабильного существования отдельных фаз системы.

Задача технологов – научиться регулировать скорости этих превращений. Вероятно, некоторыми технологическими приемами этого могут служить:

- создание условий протекания химических реакций, обеспечивающих получение про-

дуктов гидратации с оптимально развитой поверхностью;

- снижение поверхностной энергии системы с целью увеличения стабильности (длительного существования на оптимальном энергетическом уровне);

Одним из реально существующих приемов является использование химических добавок пластификаторов различного эффекта действия, работающих совместно с тонкомолотыми минеральными добавками [4].

Несомненно, что эти добавки свою основную роль – разжижение цементных систем, выполняют на стадии пластического состояния паст. В дальнейшем их влияние носит пока еще невыясненный характер.

Ранее было показано, что, например, лигносульфонаты кальция, работающие совместно с добавками электролитами, существенно замедляют процессы перекристаллизации гидратных фаз цементного камня во времени, позволяя получать системы в высокими показателями удельной поверхности гидратных фаз [3].

Для оценки влияния органоминеральных добавок на кинетику формирования структуры цементного камня в работе были использованы методы, позволяющие проследить динамику изменения структурообразующих гидратных фаз цементного камня в присутствии комплексных добавок различной природы.

С этой целью в работе были изготовлены 14 партий образцов цементного камня на основе ПЦ 400 Д20, составы которых приведены в табл.1 (МК – микрокремнезем, FM – гиперпластификатор на основе поликарбосиликатного эфира; СК – порошок силикатного кирпича).

Твердение контрольных образцов осуществлялось по мягкому режиму тепловлажностной обработки, а также в нормальных условиях.

Через 28 суток твердения после определения структурных характеристик образцы были разделены на две контрольные группы, одна из которых подвергается циклическому замораживанию (температура замораживания минус 14 – 16 °С) и оттаиванию, другая – попеременному увлажнению и высушиванию (температура 95 – 100°С).

В ходе проведения испытаний контролировались следующие характеристики:

- предел прочности при сжатии образцов цементного камня;
- величина удельной поверхности гидратных фаз цементного камня адсорбционным методом;
- фазовый состав продуктов гидратации цементного камня методами рентгенофазового анализа и дериватографией;
- количество портландита в цементном камне по данным термогравиметрического анализа;
- степень гидратации минералов цемента по величине химически связанной воды.

Полученные количественные характеристики приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Прочность цементного камня

Нормальные условия твердения	№ п/п	Состав цементного камня	В/В	Предел прочности при сжатии, МПа	
				14сут	28сут
	1	ПЦ400Д20	0,26	66,9	70,9
2	ПЦ400+20%ЗОЛЫ	0,297	50,0	48,9	
3	ПЦ+20%ЗОЛЫ+1,5FM	0,225	71,5	61,1	
4	ПЦ+20%ЗОЛЫ+1,5С-3	0,25	50,3	58,7	
5	ПЦ+5%МК+ЗОЛА	0,325	40,4	43,9	
6	ПЦ+5%МК+3+1,5FM	0,235	73,3	76,7	
7	ПЦ+5%МК+3+1,5С-3	0,24	45,3	63,8	
8	ПЦ400Д20+20%ШЛАКА	0,311	40,4	47,4	
9	ПЦ+20%ШЛАКА+1,5FM	0,259	54,2	56,0	
10	ПЦ+20%ШЛАКА+1,5С-3	0,26	51,6	70,8	
11	ПЦ400Д20+20%СК	0,275	63,9	58,9	
12	ПЦ+20%СК+1,5FM	0,212	54,9	73,2	
13	ПЦ+20%СК+1,5С-3	0,212	56,0	78,8	
14	ПЦ+20%ЗОЛЫ+1%Бентонит	0,34	34,8	55,8	

Таблица 2 – Структурные характеристики цементного камня нормального твердения

№ по табл.1	Удельная поверхность цементного камня, м ² ,г		Са(ОН) ₂ , %	W _{хс} , %	Степень гидратации α, %	S _{уд} /α
	14 сут	28 сут				
1	156	174	4,2	14,5	70,6	2,46
2	107	170	1,5	11,5	55,8	3,05
3	112	172	3,5	10,1	48,5	3,55
4	124	157	2,5	12,5	60,6	2,60
5	98	165	Следы	12,3	59,7	2,76
6	78	170	2,5	10,7	51,9	3,28
7	94	130	1,5 – 1,8	10,5	50,9	2,55
8	123	164	Следы	10,5	50,9	3,22
9	140	170	1,0	11,3	54,8	3,10
11	78	92	3,0	11,3	54,8	1,68
12	97	130	2,0	11,2	54,4	2,39
13	123	163	Следы	12,5	60,6	2,69
14	143	157	4,1	13,0	63,1	2,49

При определении степени гидратации цемента максимальная величина химически связанной воды рассчитывалась из состава цемента, минералогического состава клинкера с учетом максимального количества связываемой воды отдельными минералами клинкера. Эта величина была определена значением 20,6 %.

Проведенные рентгенографические и дериватографические исследования показали следующее.

Основными гидратными фазами цементного камня нормального твердения являются гидросиликаты кальция и портландит различной степени закристаллизованности.

При использовании различных минеральных добавок, активно участвующих в процессе гидратации, дополнительное количество гидросиликатов появляется при взаимодействии гидроксида кальция с кремнеземом добавки, что приводит к фор-

мированию в 28 суток твердения структур с пониженным количеством Са(ОН)₂.

Формирующиеся при этом гидросиликаты кальция можно отнести к низкоосновным слабозакристаллизованным системам, выделение воды из которых протекает в интервале температур 200 – 400 ° С.. Этот же факт косвенно подтверждается кинетикой изменения удельной поверхности гидратных фаз цементного камня.

Показатель удельной поверхности как физическая характеристика, зависит от двух факторов:

- дисперсности частиц гидратных фаз;
- количества частиц в единице объема камня, то есть от величины степени гидратации цемента.

С этих позиций необходимо анализировать влияние исследуемых факторов на динамику изменения параметра $\Omega = S_{уд}/\alpha$.

Бездобавочные цементы нормального твердения имеют устойчивый рост величины удельной поверхности; значение параметра Ω при этом к 28

суткам нормального твердения достигает величины 2,46; тепловая обработка снижает этот показатель до 1,81.

Таблица 3 – Структурные характеристики цементного камня, прошедшего ТВО

№ по табл.1	Удельная поверхность цементного камня, м ² /г		Ca(OH) ₂ , %	W _{хс} , %	Степень гидратации α , %	S _{уд} / α
	После ТВО	28 сут				
1	145	154	4,0	15,0	72,8	1,81
2	164	166	1,6	10,5	50,9	3,34
3	133	130	3,7	10,1	49,4	3,30
4	94	76	2,0	12,5	60,7	1,80
6	102	107	1,5	10,5	50,9	2,87
7	120	123	2,0	10,5	50,9	2,93
8	133	140	0,5 – 1,0	9,5	46,1	2,93
9	104	112	1,2	11,5	56,8	2,75
10	109	115	0,8	10,4	50,5	1,40
11	114	112	3,0	11,3	54,8	1,81
12	70	76	2,0	11,2	54,3	1,36
13	113	120	2,5	12,0	58,3	2,13
14	126	132	4,0	13,0	63,1	2,11

Введение в состав цемента органоминеральных добавок замедляет процессы гидратации (наблюдается тенденция снижения степени гидратации вяжущего в ряду «вяжущее → тонкодисперсная минеральная добавка → пластификатор»). Это также отражается и на показателе прочности. Однако, наличие тонкодисперсных активных минеральных добавок изменяет качественный состав гидратных фаз, показатели Ω которых, находясь в пределах 1,80 – 3,0 для камня после тепловлажностной обработки и 2,8 - 3,6 для условий нормального твердения, превышают аналогичный для бездобавочного цемента до 80 %.

Тепловая обработка цементного камня приводит к формированию гидратных фаз с укрупненными размерами частиц. Такие структуры, обладая достаточно высокой прочностью, имеют пониженную возможность к пластическому течению, что в случае воздействия на цементные системы знакопеременных силовых полей не в полной мере позволяет релаксировать поля напряжений в объеме материала, снижая долговечность композита.

Длительность проведения натуральных испытаний с последующей оценкой структурных характеристик цементного камня не позволяет в данной работе количественно подтвердить преимущество мелкодисперсных структур, однако проведенные исследования позволяют сделать ряд выводов.

При циклическом увлажнении и высушивании (как наиболее жестком испытании цементного камня) образцы без добавок (серия 1), прошедшие ТВО, полностью разрушились через 15 циклов (сеть мелких трещин на поверхности материала появилась практически через 2 – 4 цикла испытаний). Проведенный дериватографический анализ

цементного камня показал снижение количества портландита до 1,2 % при практически постоянной степени гидратации. Возросла доля химически связанной влаги, удаляемой из закристаллизованных гидросиликатов кальция в интервалах температур 600 – 750 °С. Высокая (более 80 МПа) прочность камня на момент начала испытания не определяет его стойкость: контрольные образцы разрушились на отдельные фрагменты – блоки размерами до 5 мм. Нормальные условия твердения цементного камня отодвинули деструкцию до 25 циклов, но и они затем полностью разрушились.

Циклическое замораживание и оттаивание как агрессивный фактор оказывает меньшее влияние на процесс деструкции. После 60 циклов образцы бездобавочного цементного камня нашла шелушиться с поверхности; наблюдается оковы ребер кубиков, однако блокового нарушения сплошности нет.

Образцы с минеральными добавками прошли 100 циклов ЦЗО без каких – либо видимых повреждений

Их циклическое увлажнение и высушивание (60 циклов) привело к появлению на образцах с минеральными добавками поверхностных блоковых трещин, наличие в составе пластификатора (вне зависимости от его вида) приводит к формированию в процессе увлажнения и высушивания на поверхности образцов сети мелких трещин.

Отдельно следует отметить влияние молотого силикатного кирпича, как тонкодисперсной добавки. С позиций формирования прочности эта добавка мало отличается от всех остальных, а при использовании FM – 40, особенно в условиях тепловой обработки, цементный камень с силикатным кирпичом показывает абсолютно большие прочно-

сти. С позиций же структурных параметров камня добавка силикатного кирпича приводит к максимальному огрублению структуры, ускоряя процесс перекристаллизации гидросиликатов кальция.

Общим выводом следует считать обязательность использования в системах с повышенными характеристиками долговечности (с позиций трещиностойкости конструкций) оптимального сочетания органоминеральных добавок для обеспечения формирования высокодисперсных гидросиликатов кальция повышенной устойчивости как во времени, так и при внешних силовых и температурных воздействиях.

УДК 666.948.4

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГЛИНОЗЕМИСТЫЕ ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ ШЛАКОВ АЛЮМИНОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА MODIFIED ALUMINA BINDERS BASED ON WASTE FROM PROCESSING OF ALUMINATHERMAL SLAG

Абызов В.А., к.т.н., доцент, Речкалов Д.А., аспирант, Черногорлов С.Н., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Изложены результаты исследований по разработке глиноземистого вяжущего на основе шлаков алюминиотермического производства. Вяжущие модифицированы добавками на основе эфиров поликарбоксилатов. Приведены жаростойкие свойства разработанных вяжущих.

Abstract. Discussed results investigation of aluminates binds based on waste from processing aluminothermal slags. Binds have been modified additives based on polycarboxylates. Refractory properties of developed bind is given.

Ключевые слова: глиноземистое вяжущее, шлак алюминиотермического производства, добавки на основе эфиров поликарбоксилатов, жаростойкие свойства.

Keywords: alumina binder, waste from processing aluminothermal slag of carbon-free ferrochrome, additives based on polycarboxylates, refractory properties.

В последнее время наблюдается устойчивая тенденция постепенного вытеснения в футеровках тепловых агрегатов штучных огнеупоров жаростойкими бетонами. Применение бетонов обеспечивает более быстрый монтаж, снижает его трудоемкость, позволяет использовать крупные изделия и изделия сложной формы, а также монолитные футеровки. Основными видами вяжущих, применяющихся в жаростойких бетонах, являются глиноземистые (ГЦ) и высокоглиноземистые (ВГЦ) цементы. Стоимость их достаточно высока, так как необходимо дорогостоящее глиноземистое сырье, технология энергоемка. Перспективным, недорогим высокоглиноземистым сырьем для данных вяжущих являются шлаки алюминиотермического производства ферросплавов [1,2].

На Ключевском заводе ферросплавов (Свердловская обл.) на основе шлаков алюминиотермической выплавки металлического хрома и

Библиографический список

1. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей: Учеб. Пособие для строит. вузов – М.: Высш. шк. 1991 – 288 с.
2. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1979. – 344 с.
3. Горбунов С.П. Коррозионная стойкость бетонов с комплексными противоморозными добавками. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук.-Харьков, 1987.- 20 с.
4. Комохов П.Г. Роль основных фазообразующих элементов структуры в механизме разрушения цементного камня. – Тезисы докладов и сообщений IV Всеобщего совещания НеГидратация и твердение вяжущих», Львов, 1981, С. 11 – 14.

ферротитана выпускают клинкеры высокоглиноземистого цемента (КВЦ 70 и 75), а также собственно шлаки под марками ППГ-50, 65, 70 и 75 (табл. 1) [1,3]. Клинкеры представляют собой продукт переплава шлака, цементы на их основе отличаются медленным твердением [2,4,5].

С точки зрения получения вяжущих из данных шлаков без введения дополнительного СаО (в процессе плавки или при последующем переплаве) наиболее перспективен шлак безуглеродистого феррохрома ШФХ-А по ТУ 0798-069-00186482-2011, его распадающаяся разновидность ШФХ-АС, а также обогащенный оксидом кальция шлак ферротитана ППГ-65К [3]. Шлак ШФХ-А содержит значительное количество алюминатов кальция (преобладают СА и С12А7) [1-3]. На его основе разработано глиноземистое шлаковое вяжущее, бетоны на котором, в зависимости от вида заполнителя, имеют температуру применения 1300-1700°С [1,4].

Таблица 1 - Глиноземистые шлаки и клинкеры Ключевского завода ферросплавов

Марка	Химический состав, %							
	Al ₂ O ₃	CaO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	FeO	MgO	C
	В пределах			Не более				
ППГ-50 (ШФХ-А)	46-58	10-24	2-12	–	5,0	0,5	20,0	–
ШФХ-АС	40-55	до 40	9-17	–	12,0	0,5	25,0	–
ППГ-65	56-70	10-24	0-0,2	20	2,0	3,0	5,0	-
ППГ-65К	60-70	20-25	-	11	1,0	1,5	5,0	0,2
КВЦ-75	75-80	17-22	-	-	0,5	1,0	3,0	-
КВЦ-70	70-75	17-22	-	-	1,0	1,0	4,0	-

В связи с тем, что цементы из клинкеров КВЦ-70 и 75 отличаются медленным твердением, с целью ускорить набор прочности в возрасте 3-7 сут вводили добавки шлаков ШФХА и ШФХ-АС. Это обеспечило интенсивный набор прочности в суточном возрасте, но при этом сократились сроки схватывания (начало в пределах 5-10 мин). Для нормализации свойств вяжущего использовали пластификаторы. Установлено, что эффект от применения лигносульфонатов незначителен. Использование СП-1 (С-3) позволяет получить больший эффект, но вызывает снижение остаточной прочности после обжига.

Появившиеся сравнительно недавно суперпластификаторы на поликарбоксилатной основе (РСЕ) представляют значительный интерес как замедлители схватывания и водоредуцирующие добавки для ВГЦ. Благодаря стерическому эффекту они являются наиболее эффективными. Кроме того, они адсорбируются в первую очередь на алюминатах, позволяя регулировать процессы схватывания [6,7]. В данной работе влияние добавок на основе РСЕ на процессы гидратации изучали методами дериватографии и рентгенофазового анализа.

Наилучшие результаты были достигнуты при использовании добавок Glenium 51 и Melflux 1641 (BASF Constraction Polymers, Германия). Были получены цементы с началом схватывания 45-50 мин. Действие данных добавок схоже – чем больше количество добавки, тем выше содержание непрореагировавшего СА₂, продукты гидратации в суточном возрасте сильно аморфизированы. В 3 сут наблюдаются сильные отражения инертных фаз и многочисленные слабые отражения продуктов гидратации. Судя по интенсивности отражений глинозема (1,40), сформировавшегося в процессе сушки образцов из гидроксида алюминия, Glenium 51 не замедляет гидратацию к 3 и 7 сут, хотя и тормозит ее в раннем возрасте.

К 7 сут появляются отражения С₃АН₆, что свидетельствует о быстром переходе из гексагональных алюминатов в кубические. Следует отметить, что это подтверждается изменением свойств бетона – остаточная прочность бетона после обжига выше, чем для бетонов на ВГЦ с добавкой С-3 [8]. Примечательно, что умеренно-высокие дозировки добавки Glenium 51 (до 0,5%) обеспечивают уско-

ренное формирование С₃АН₆. Был получен модифицированный ВГЦ с нормальными сроками схватывания и пределом прочности при сжатии в 3 сут возрасте не менее 35 МПа, в 7 сут – 50-60 МПа.

Не смотря на высокую активность ШФХ-А, вяжущее из данного шлака не получило распространения, так как высокое содержание шпинели затрудняет помол. В настоящее время ООО «ЮжУралинструмент» (г. Челябинск) применяет сепарацию, обеспечивающую частичное извлечение шпинели. Образующиеся отходы обогащения дисперсны (основные фракции – 8-20 мкм и менее), содержание алюминатов кальция в них выше, чем в исходном шлаке.

Для оценки возможности активации отходов обогащения шлака их размалывали, определяя тонкость помола (по удельной поверхности), нормальную плотность (НГ), сроки схватывания, прочность цементного камня.

Установлено, что вяжущее с высокой активностью можно получить при помоле до удельной поверхности 3500-4500 см²/г. При этом начало схватывания сокращается до 2-5 мин. Нормализовать его можно введением добавок-суперпластификаторов.

Установлено, что применение добавки СП-1 обеспечивает незначительное замедление схватывания (в пределах 20 мин). При этом прочностные показатели достаточно высоки, прочность цементного камня в 3 сут возрасте до 50 МПа, в 7 сут – до 70 МПа.

Нормальные сроки схватывания были получены при использовании добавок на основе РСЕ – Melflux 1641, 2641F и 2651F, одновременно наблюдалось замедление твердения в возрасте 3-7 сут. В связи с этим подробнее было изучено их влияние на свойства вяжущего (рис. 1). Установлено, что наименьший эффект замедления твердения для данных добавок проявляется в дозировках до 0,5%. Добавки не меняют характер гидратации, но состав гидратных фаз в цементном камне 7 сут возраста соответствует бездобавочному в 3 сут, а при дозировках РСЕ 0,6-1,0% в 3 и 7 сут резко снижается количество химически связанной воды (ниже степень гидратации), падает прочность цементного камня.

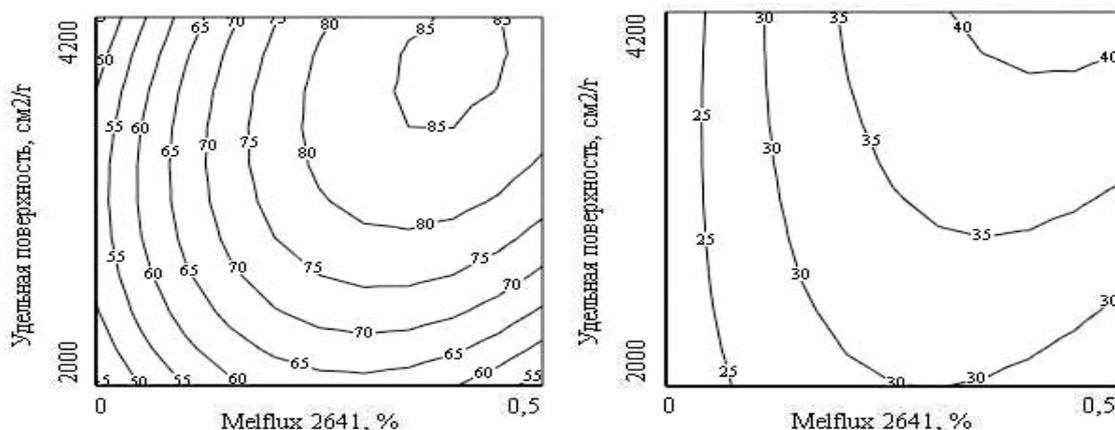


Рис. 1 - Влияние добавки Melflux 2641F и тонкости помола на прочность цементного камня (а) и вяжущего по ГОСТ 969 (б), МПа

При введении добавок Melflux 1641, 2641F и 2651F в количестве 0,15-1,0 % общая картина остается прежней, однако, в зависимости от их вида и дозировки, в большей или меньшей степени уменьшаются потери воды в интервале до 300°C, а также общие потери воды в 3 сут возрасте. Формирование C_2AH_8 происходит только к 7 сут., а при увеличении содержания добавок – к 14-28 сут.

Данные добавки позволяют получить из отсевов обогащения вяжущее с пределом прочности

для цементного камня 60-90 МПа в 3 сут возрасте и до 80-90 МПа в 7 сут. Начало схватывания составляет 30 мин. Прочность по ГОСТ 310.4 составляет к 3 сут до 35 МПа, к 7 сут до 50 МПа (табл. 2). Таким образом, введение добавок на основе РСЕ обеспечивает нормализацию сроков схватывания и получение вяжущего на основе данных отходов, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 969. Огнеупорность вяжущего, в зависимости от содержания шпинели, 1480-1560°C.

Таблица 2 - Свойства модифицированных вяжущих на основе отходов переработки шлака ШФХ-А

№ п/п	Вид шлака		Удельная поверхность, см ² /г	Предел прочности при сжатии, не менее		
	Отходы обогащения ШФХ-А	Отсевы помола феррохромового шлака		в 3 сут, МПа	в 7 сут, МПа	после обжига при 800 °С, %
1	100%	–	3200	25	30	80
2	100%	–	4200	35	40	80
3	75	25	4000	25	28	70
4	–	100	4700	35	40	65

Шлак ферротитана (ППГ-65, ППГ-65К) представляет интерес как компонент, позволяющий заменить часть глиноземистого цемента. Так как он обладает слабыми вяжущими свойствами, для повышения прочности в вяжущее целесообразно вводить водоредуцирующие добавки [2,4]. В данной работе были использованы цемент ГЦ 50 Пашийского завода, шлак ферротитана ППГ-65К и добавки Melflux 1641F, 2651F. Шлак вводили в количестве 20-30% от массы вяжущего.

Состав цементного камня изучали методами дериватографии и рентгенофазовым анализом. На кривых ДТА образцов цементного камня эндоэффекты соответствуют: при 70-100°C – гексагональным гидросиликатам кальция (C_2AH_8), при 100-200°C – CAH_{10} , при 250-300°C – эффект от дегидратации гидраргиллита. Эффект при 420-500°C вызван превращением бемита в $\gamma-Al_2O_3$, при 500-520°C наблюдается выделение воды из диаспора ($AlO(OH)$). Экзоэффект при 800°C – образование корунда из γ -глинозема, при 900°C – переход бемита в γ -глинозем. Эффекты от байерита – не обна-

ружены. В 3 сут возрасте эффекты при 70-100°C и 150°C менее выражены. Это связано с потерей сорбционной воды к 7 сут. Увеличение потерь воды (примерно до 250°C) вызвано образованием большого количества CAH_{10} . Общие потери воды на 20% выше, чем в суточном возрасте. К 7 сут. возрасту общие потери воды почти не отличаются от 3 сут., твердение в этот период протекает медленно.

При введении добавки Melflux 1641F в количестве 0,15% общая картина остается прежней, однако до 300°C потери воды ниже примерно на 25%, то есть наблюдается замедленное образование CAH_{10} и дисперсных гидратов глинозема. К 7 суткам твердения почти не выражен эффект при 70°C, не формируется C_2AH_8 , обнаруживается только CAH_{10} .

При введении добавки Melflux 2651F в том же количестве наблюдаются некоторые отличия. В 3 сут. возрасте потери воды до 250°C на дериватограмме ниже, чем с добавкой Melflux1641F, меньше формируется CAH_{10} и гидратов глинозема. Силь-

ный эндоэффект при 70⁰С свидетельствует о повышенном количестве сорбционной воды и возможно, сохранении в цементном камне C₂AH₈. Во всех случаях C₂AH₈ не различим на рентгенограмме, хотя его эндоэффекты при 70⁰С и 150-200⁰С хорошо видны на дериватограмме. Заметно уменьшаются потери воды в интервале 250⁰С-300⁰С, то есть меньше формируется бемита. Эффект замедления гидратации добавкой Melflux 2651F более выражен.

К 7 сут. возрасту потери воды при 70⁰С-100⁰С, 250⁰С-300⁰С и общие соответствуют цементному камню с добавкой Melflux 1641F (степень гидратации примерно одинакова). Увеличение количества добавки Melflux 2651F до 0,25% существенно замедляет гидратацию. При введении 1% добавки небольшие потери воды в 1, 3 и 7 сут. свидетельствуют о значительном замедлении гидратации.

Таблица 3 - Сравнительные свойства вяжущих

Материал	Огнеупорность, °С	Удельная поверхность, см ² /г	НГ, %	R _{сж} ^{3 сут}	R _{сж} ^{7 сут}
ГЦ 50 по ГОСТ 969	1430-1450	3700	26,5	50	54
Модифицированный ГЦ	1480-1550	4200	26,0	51	53

Установлено, что эффективными для данного вяжущего будут добавки Melflux 1641F и Melflux 2651F в дозировках 0,15-0,25%. Получено вяжущее, не уступающее по прочностным показателям ГЦ 50 (табл. 3).

Таким образом, использование добавок на основе PCE обеспечило получение модифицированных глиноземистых вяжущих из шлаков и клинкеров алюминотермического производства с требуемыми свойствами. Установлено, что данные добавки являются эффективными регуляторами сроков схватывания для вяжущих на основе шлаков алюминотермического производства. Выпущены опытные партии модифицированных вяжущих на ООО «ЮжУралинструмент» (г. Челябинск) и Ключевском заводе ферросплавов (Свердловская обл.).

Библиографический список

1. Некрасов, К.Д. Жаростойкие бетоны на основе шлаков ферросплавов / К.Д. Некрасов, А.Н. Абызов // Физико-химические и технологические основы жаростойких цементов и бетонов – М.: Наука, 1986. – С. 109-122.
2. Абызов, А.Н. Жаростойкие и огнеупорные бетоны на основе вяжущих и заполнителей из шлаков ферросплавного производства / А.Н. Абызов, В.М. Рытвин, В.А. Абызов, В.А. Перепелицын, В.Г. Григорьев // Труды международного конгресса «Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов». – Екатеринбург: ООО УИПЦ, 2012. – С. 304-306.
3. Рытвин, В.М. Практика переработки и применения ферросплавных алюминотермических шлаков / В.М. Рытвин, В.А. Перепелицын, В.А. Абызов, А.Н. Абызов, А.В. Хватов // Огнеупоры и техническая керамика, 2013. – № 10. – С. 38-43.
4. Абызов, А.Н. Вяжущее из шлака алюминотермической выплавки безуглеродистого феррохрома для жаростойких и огнеупорных бетонов / А.Н. Абызов, В.А. Перепелицын, В.М. Рытвин, В.Г. Игнатенко // Огнеупоры и техническая керамика, 2008. – № 3. – С. 50-52.
5. Дубровин, А.С. Получение клинкера высокоглиноземистого цемента из шлаков от выплавки хрома и ферротитана / А.С. Дубровин, Г.И. Залдат, Г.Ф. Игнатенко и др. // Производство ферросплавов. – Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 1972. – Вып. 1. – С. 60-70.
6. Хоммер, Х. Применение поликарбоксилатных эфиров в качестве дефлокулянтов в огнеупорных бетонах / Х. Хоммер, К. Вутц, Й. Зайерль // Огнеупоры и техническая керамика. – 2007. – № 12. – С. 43-47.
7. Хаук, Х.-Г. Высокоэффективные суперпластификаторы на базе эфиров поликарбоксилатов. Потенциал применения в современных бетонных технологиях / Бетон, сырье, технологии, эксплуатация: сб. науч. тр. Междунар. научно-техн. конф. ConLife-2007. – СПб, 2007. – С. 78-84.
8. Абызов, В.А. Особенности гидратации высокоглиноземистого цемента из шлаков алюминотермического производства с добавками суперпластификаторов / Огнеупоры и техническая керамика, 2009. – № 4-5. – С. 80-84.

УДК 666.972 + 693.547.3

ПОВЕДЕНИЕ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА В УСЛОВИЯХ МОРОЗНОЙ АГРЕССИИ BEHAVIOUR STALEFIBROBETONA IN FREEZING CONDITIONS AGGRESSION

Погорелов С.Н., к.т.н., доцент, Семяняк Г.С., доцент, Горбунов С.П., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Высокая долговечность сталефибробетона – одно из обязательных условий успешного применения в дорожном строительстве.

Морозостойкость бетона зависит от многих факторов, в частности, от вязко-пластичных свойств цементной матрицы. Использование активных минеральных добавок позволяет повысить содержание гелевой составляющей цементного камня, при условии создания оптимальных условий твер-

дения. Этот технологический прием увеличивает стойкость сталефибробетона к трещинообразованию, вызываемому циклическим воздействием замораживания и оттаивания.

Abstract. High durability of steelfiberconcrete - one of the prerequisites for the successful use in road construction.

Frost resistance of concrete depends on many factors, in particular, from the viscous-plastic properties of the cement matrix. The use of active mineral addits can improve the content of the gel part of cement paste, subject to create optimal conditions for hardening. This technological method increases the resistance of steelfiberconcrete to crack caused by cyclic freezing and thawing.

Ключевые слова: сталефибробетон, структура, цементный камень, активные минеральные добавки, морозостойкость.

Keywords: Steelfiberconcrete, structure, cement paste, active mineral addits, frost resistance

Перспективным направлением использования сталефибробетона является применение его в конструкциях дорожных покрытий, эксплуатируемых в суровых климатических условиях. Высокие морозо- и морозостойкость бетона являются необходимыми требованиями при внедрении его в практику дорожного строительства.

Морозостойкость бетона как композиционного материала зависит от многих факторов, в первую очередь от свойств цементного камня, его способности склеивать заполнители и уменьшать концентрацию напряжений при циклическом замораживании. Пропаривание и другие виды тепловой обработки вызывают «огрубление» структуры портландцементного камня за счет уменьшения содержания гелевидных пластичных продуктов гидратации цемента. Введение шлака в состав цемента бетона, подвергнувшегося тепловлажностной обработке, имеет не только большое экономическое, но и техническое значение. Шлакопортландцементный камень характеризуется повышенным содержанием геля, особенно интенсивно образующегося при повышенной температуре в результате взаимодействия шлакового стекла и гидроксида кальция. Оценивая вязко-пластичные свойства бетона по величине предельной меры ползучести, можно показать, что введение в состав цемента шлака в 3...4 раза повышает пластические свойства бетона, что позволяет увеличить трещиностойкость пропаренного бетона простым технологическим способом.

Под влиянием тепловлажностной обработки способность портландцементного камня к пластическим деформациям ухудшается, тогда, как применение шлакопортландцемента позволяет в наибольшей мере использовать положительное воздействие пропаривания на ускорение твердения бетона без ухудшения качества цементного камня. Для оценки влияния структурных особенностей цементного камня на долговечность сталефибробетона проводились исследования его морозостойкости.

Эффективность фибрового армирования существенным образом зависит от типа матрицы, вида и количества волокон. Сочетание бетонной матрицы с высокой пластичностью и вязкостью и фибр, сдерживающих трещинообразование, позволяет существенно повысить работоспособность материала.

Влияние попеременного замораживания и оттаивания на изменение эксплуатационных свойств бетона оценивали по его прочности и деформативным характеристикам. Исследования проводили на бетонных призмах размером 10x10x40 см, изготов-

ленных из бетонной смеси состава 1,00:1,60:1,96 с водоцементным отношением 0,50. В качестве вяжущего вещества применяли портландцемент М550 без минеральных добавок Коркинского цементного завода (Челябинская область) и шлакопортландцемент, приготовленный смешиванием портландцемента М550 Коркинского цементного завода и молотого доменного гранулированного шлака Челябинского металлургического комбината в соотношении 1:1.

Для получения сталефибробетона в бетонную смесь добавляли фибровую арматуру, нарезанную из стального листа, с коэффициентом объемного армирования равным 0,015. Параметры фибрового волокна: длина 35 мм, сечение 0,5x0,5 мм. Образцы бетона подвергали тепловлажностной обработке по режиму 2+4+8+2 ч при температуре изотермической выдержки 85 °С, после чего образцы твердели 10 суток в нормальных влажностных условиях, затем в течение 4 суток насыщали 5-ти процентным раствором хлористого натрия. Перед испытаниями на прочность и деформативность образцы высушивали.

Прочностные и деформативные характеристики определяли у бетона, не подвергнувшегося циклическому замораживанию, а также после 10 и 20 циклов замораживания при – 50 °С и оттаивания в 5-ти процентном растворе хлористого натрия. Образцы загружали ступенчато-кратковременной сжимающей нагрузкой; определялись относительные продольные и поперечные деформации, объемные деформации, модуль упругости, призматическая прочность.

Анализ полученных результатов показывает, что использование смешанного цемента повышает стойкость бетона к воздействию окружающей среды; скорость снижения прочности при сжатии и особенно прочности на растяжение при изгибе уменьшается. После 20 циклов замораживания и оттаивания прочность на растяжение при изгибе у сталефибробетона на шлакопортландцементе снизилась на 25 % по сравнению со сталефибробетоном, не подвергнувшемуся воздействию агрессивной среды, а у фибробетона на портландцементе – на 38 %.

Рассмотрение зависимостей относительных продольных деформаций от уровней напряжения сжатия бетонных призм показывает, что деформации у подвергнувшегося морозному воздействию бетона на шлакопортландцементе существенно ниже деформаций бетона на портландцементе, определяемых на одном уровне напряжения.

При этом введение дисперсной арматуры способствует уменьшению деформаций бетона.

Так, при сжимающих напряжениях, равными 0,6 от разрушающей нагрузки, продольные деформации сталефибробетона на бездобавочном цементе оказались ниже деформаций неармированного бетона на 29 %, а при использовании шлакопортландцемента – на 34 %.

Анализ зависимостей объемных деформаций сжатия материала от уровней нагружения позволяет отметить, что объемные деформации призм, прошедших циклическое замораживание, больше по величине соответствующих деформаций контрольных призм, вызванных одинаковыми относительными напряжениями сжатия.

Отмечено, что если для сталефибробетонов на различных вяжущих веществах, не подвергавшихся циклическому замораживанию, изменение объемных деформаций практически одинаковы, то после 20 циклов они существенно отличаются.

Попеременное замораживание и оттаивание фибробетона на шлакопортландцементе приводит к снижению сопротивляемости материала, раз-

витию под нагрузкой объемных деформаций в меньшей степени по сравнению с фибробетоном на бездобавочном цементе.

Изменение характера зависимости объемных деформаций бетона от напряжений сжатия обусловлено накоплением микроразрушений, микропустот при циклическом замораживании, т.е. деструкцией материала. Сталефибробетон на портландцементе после 20 циклов замораживания имел верхнюю границу микротрещинообразования, равную 0,59, а на шлакопортландцементе – 0,81, что также указывает на высокую эффективность применения шлакопортландцементов для дисперсно-армированных бетонов.

Таким образом, применение стальных волокон в бетонах с повышенной пластичностью с применением шлакопортландцемента позволяет получить сталефибробетон, выдерживающий циклическое замораживание и оттаивание без значительных повреждений.

УДК 666.943.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК И ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Хилажеев Д. Р., аспирант, Горбунов С.П., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований цементного камня и мелкозернистых бетонов, образование которых происходило при непосредственном участии таких структурообразующих элементов, как тонкодисперсный компонент и пластификатор.

Установлено, что при использовании тонкодисперсных добавок наблюдаются отклонения от известных закономерностей взаимосвязи «состав – свойство» цементных композиционных материалов.

Abstract. Presents the results of experimental studies of cement paste and fine aggregate concrete, the formation of which took place with the direct participation of the forming elements such as a particulate component and a plasticizer.

Found that when using finely dispersed additives deviate from known patterns of interrelation "structure - property" cement composite materials.

Ключевые слова: шлакопортландцемент, доменный шлак, прочность, мелкозернистый бетон.

Keywords: slag cement, blast furnace slag, strength, fine-grained concrete.

Во всем мире повышается объем производства цемента с минеральными добавками, которые позволяют регулировать целый ряд свойств бетона. Есть у такого цемента и минус – более медленное затвердевание бетона на начальном этапе набора прочности, особенно при твердении в нормальных условиях.

На наш взгляд, одним из способов активации является снижение В/Ц за счет водоредуцирования при использовании пластифицирующих добавок. В этом случае следует ожидать интенсификации процесса гидратации, так как с уменьшением воды будет быстрее происходить насыщение раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$, за счет чего и будет активизироваться процесс твердения. Наряду с обычными продуктами при твердении шлакопортландцемента образуются гелеобразные гидратные соединения с преобладанием низкоосновных гидросиликатов кальция. Затвердевший шлакопортландцементный камень характеризуется меньшим содержанием кристаллического $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и более плотной гидроси-

ликатной гелевой структурой. Этими особенностями структуры объясняются высокая водонепроницаемость и устойчивость к агрессивным средам бетона на шлакопортландцементе [1].

Целью исследования было изучение структурных характеристик цементного камня с применением граншлака и различных пластификаторов, выявить особенности гидратации в присутствии добавок и формирования структуры мелкозернистого бетона с активными минеральными добавками.

В качестве вяжущего в работе использовался портландцемент ПЦ400-Д20 по ГОСТ 10178 производства «Лафарж», с добавкой гранулированного доменного шлака в количестве 17%. В качестве активной минеральной добавки применяли доменный гранулированный шлак производства ОАО «Мечел», который размалывали до требуемой удельной поверхности в лабораторном виброистрателе.

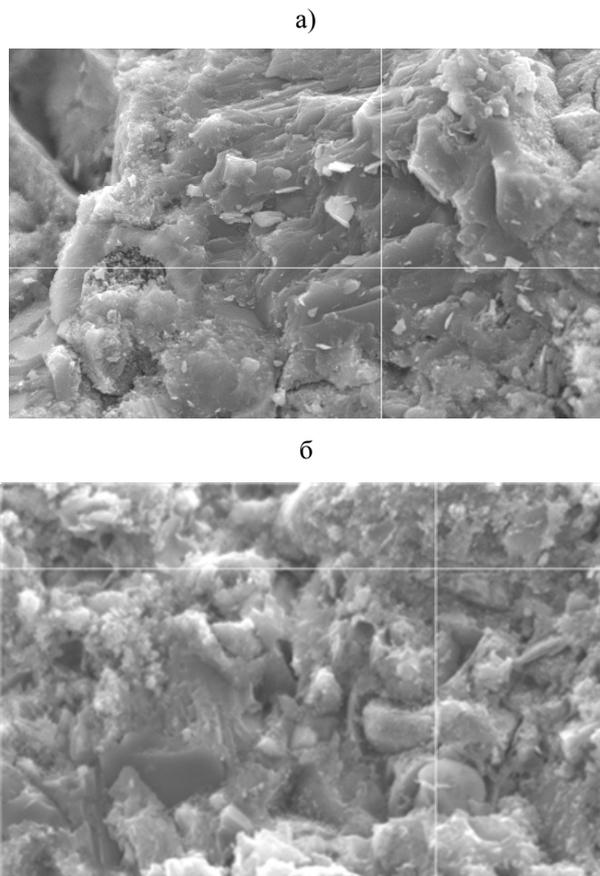


Рис. 1 – Образцы состава с добавкой СП-1: а - при нормальных условиях твердения; б – после тепло-влажностной обработки.

В изучении свойств цементного камня использовали несколько видов добавок-пластификаторов. Сделано это для того, чтобы выявить влияние различных по природе добавок ПАВ на формирование состава гидратных фаз. Это добавка ЛСТ (на основе лигносульфонатов), добавка СП-1 (смесь натриевых солей полиметиленафталинсульфокис-

лот различной молекулярной массы) и глениум 115 (на основе эфиров поликарбоксилатов). Ниже представлены фотографии, полученные с помощью растрового электронного микроскопа.

В исследовании формирования состава гидратных фаз цементного камня было выявлено, что структура поверхности цементного камня с добавкой ЛСТ в условиях тепловой обработки в основном крупнокристаллическая, содержащая портландит и продукты его карбонизации. Гидросиликатная составляющая представлена, преимущественно, высокоосновными оводненными ГСК с основностью 2,2 – 2,5. Такие структурные особенности обусловлены, по-видимому, следующими причинами.

Во-первых, высокая дефектность структуры камня повлияла, очевидно, на качество подготовки пробы, когда разрушение идет по ослабленным контактам структуры, каковыми являются элементы с хорошей спайностью – крупнокристаллические формы слоистой структуры.

Во-вторых, высокая температура тепловой обработки сопутствует образованию термодинамически стабильных гидратных форм, что, кстати, является косвенным подтверждением снижения релаксационных параметров систем с пониженным содержанием гелеобразных продуктов гидратации минералов портландцементного клинкера.

В нормальных условиях твердения визуально фиксируется мелкодисперсная структура поверхности камня. Влияние условий твердения (тепло-влажностная обработка или нормальное твердения) на структуру поверхности качественно незначительно зависит от типа пластификатора.

Физико-механические характеристики вяжущих были получены при испытаниях образцов – кубов с ребром 2 см, изготовленных из теста нормальной густоты. Молотый доменный гранулированный шлак в составах составлял 30% от общей массы вяжущего.

Таблица 1 - Результаты испытаний на прочность при сжатии образцов при твердении в нормальных условиях и после ТВО.

Состав	Вид и содержание добавки, % от общей массы вяжущего	Нормальная густота теста, %	Предел прочности при сжатии при НУ, МПа		Предел прочности при сжатии после ТВО, МПа	
			7 сут	28 сут	7 сут	28 сут
№ 1	Без добавки	26	38,7	46,4	33,5	43,4
№ 2	0,2% ЛСТ	23,5	39,4	42,6	40,5	41,3
№ 3	0,5% СП-1	22	45,4	47,4	77,1	79,8
№ 4	0,5% Глениум 115	17	72,7	73,4	85,8	94,5
№ 5	0,7% Глениум 115	15	92,9	94,5	97,2	105,0

Из данного эксперимента мы убедились в том, что положительно влияют на набор прочности ШПЦ как наличие пластификатора, так и тепло-влажностная обработка. Добавка-пластификатор дает эффект водоредуцирования, и чем этот эффект сильнее, тем конечная прочность выше. С уменьшением процентного содержания воды для

достижения тесты нормальной густоты повышается и средняя плотность цементного камня.

Для выявления общих закономерностей модифицирования цементного камня мелкозернистого бетона различными дозировками граншлака с учетом режима тепло-влажностной обработки в работе применялось математическое планирование эксперимента. На рис. 2 представлены изолинии по

показателям прочности в 28 суток. По горизонтальной оси повышается содержание шлака, по вертикальной

ось повышается время изотермической выдержки.

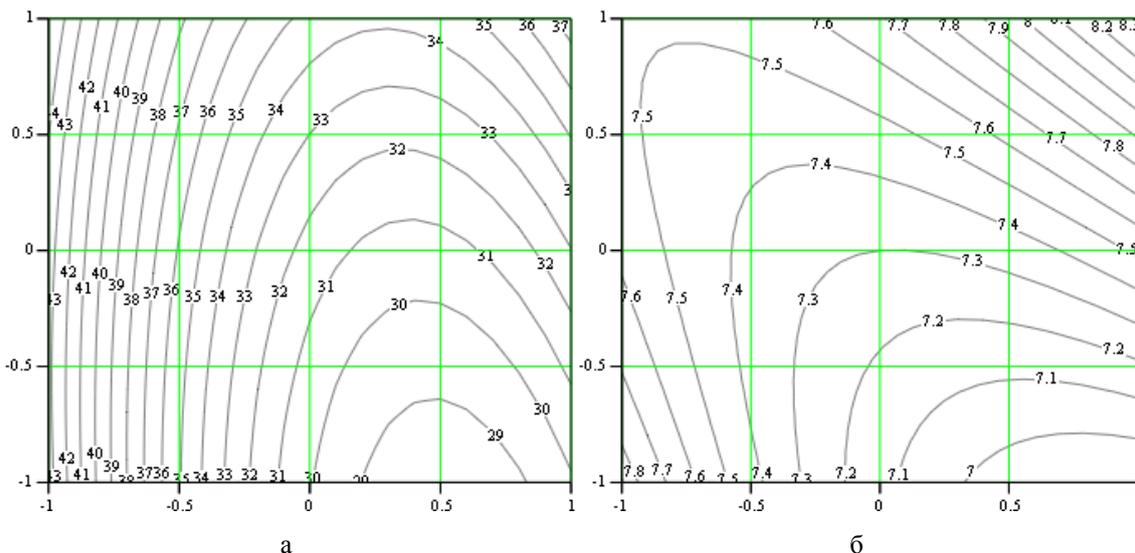


Рис. 2 – Изолинии по показателю прочности к 28 суткам после ТВО (изотермическая выдержка при 90 °С): а – при сжатии, б – при изгибе.

Как показали результаты, увеличение температуры изотермической выдержки мелкозернистого бетона неоднозначно влияет на механические характеристики: наблюдается снижение предела прочности при изгибе при, практически, постоянных значениях предела прочности при сжатии, что косвенно подтверждает повышение дефектности структуры композита при интенсификации процесса гидратационного твердения.

К 28 суткам твердения фиксируются абсолютно высокие показатели R_{bt} (8 – 9 МПа). При этом отмечается увеличение отношения R_{bt}/R_b до 0,2 – 0,24, что не характерно для бетонов, изготавливаемых на вяжущем без применения тонкодисперсных АД. Бетон к 7 суткам после ТВО показал результаты по прочности на растяжение при изгибе на 25 – 27% больше, чем через 4 часа после ТВО; к 28 суткам – ещё на 8,5 – 10% выше.

Прочностные характеристики цементного камня в нашем случае в первую очередь определяются составом комплекса «ПАВ-ТДК», позволяя

повысить его прочность в 2-2,5 раза при различных условиях твердения.

Таким образом, проведенные исследования показали, что модификация структуры цементного камня введение комплекса «ПАВ-ТДК», изменяя морфологию гидратных фаз, направленно влияет и на механические характеристики дисперсных систем. Введение в состав ПЦ дополнительного количества шлака (до 47% суммарной массы) при оптимальных дозировках комплексной добавки и параметров тепловых обработки является перспективным направлением снижения энергоёмкости строительного производства; эффективным способом решения экологических проблем промышленных регионов России и технически оправданным мероприятием эффективности производства ЖБИ.

Библиографический список

1. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности. Учебно – справочное пособие /Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – М.: Изд-во Феникс, 2007. – 368 с.

УДК 666.972.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИКАРБОКСИЛАТНОГО СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРА И АКТИВНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК

STUDY OF THERMOKINETIC CHARACTERISTICS OF HYDRATION OF CEMENT COMPOSITIONS IN THE PRESENCE OF POLYCARBOXYLATE SUPERPLASTICIZERS AND ACTIVE MINERAL ADMIXTURES

Гамалий Е.А., к.т.н., доцент; Собољкина А.М., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния суперпластификатора на основе эфиров поликарбоксилатов в комплексе с активными минеральными добавками (доменный гранулированный шлак, микрокремнезем, метакаолинит) на тепловыделение при гидратации цемента. Показано, что суперпластификатор снижает как скорость тепловыделения, так и общее тепловыделе-

ние относительно цемента без добавок. Применение метакеолинита позволяет нивелировать этот эффект на вторые сутки.

Abstract. The article presents the results of studying the effect of superplasticizer based on polycarboxylate ethers in combination with active mineral additives (granulated blast-furnace slag, silica fume, metakaolinite) to exotherm during cement hydration. It is shown that as superplasticizer reduces the heat release rate and total heat relatively cement without additives. The application of metakaolinite allows to level this effect on the second day.

Ключевые слова: суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов, метакеолинит, микрокремнезем, доменный гранулированный шлак, гидратация цемента, комплексные модификаторы, тепловыделение при твердении цемента.

Keywords: superplasticizer based on ether polycarboxylates (PCE), metakaolinite, silica fume, granulated blast-furnace slag, hydration of the portlandcement, complex modifiers, exotherm of the hardening cement.

В современной технологии бетона основными направлениями совершенствования эксплуатационных характеристик цементных композитов остаются улучшение технологичности, повышение их прочности и долговечности. Традиционным путем решения этих задач является модифицирование бетонных смесей и бетонов добавками различной природы, при этом особую актуальность приобретает использование многокомпонентных комплексов добавок и получение универсальных полифункциональных модификаторов. На сегодня наибольшее применение находят комплексы из добавок водоредуцирующе-пластифицирующего действия, представленных сложными органическими соединениями, и активных минеральных добавок (АМД). Такие модификаторы способствуют экономии цемента, позволяют повысить плотность, водонепроницаемость, морозостойкость и коррозионную стойкость цементных композиций при сохранении и увеличении прочностных характеристик [1-3].

На кафедре «Строительные материалы» ЮУрГУ ранее были проведены исследования, показавшие целесообразность разработки и применения комплексных модификаторов типа «суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов + АМД» для ресурсо- и энергосберегающих цементных материалов [4]. Для проведения исследования применяли суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилатов (далее СЭП) «Glenium Sky 505» производства концерна BASF, Германия. В качестве АМД использовали наиболее эффективные из имеющихся в Уральском регионе добавок: микрокремнезем МК 85 – побочный продукт ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат», шлак доменный гранулированный (ОАО «ЧМК»), размолотый до $S_{уд} = 3800-4000 \text{ см}^2/\text{г}$, а также метакеолинит (МТК), полученный обжигом местного каолинового сырья на ЗАО «Пласт-Рифей» (г. Пласт Челябинской обл.).

Принимая во внимание ранее полученные результаты [4] по влиянию комплексных модификаторов на кинетику набора прочности цементного камня и особенности формирования фазового состава и структуры цементных композиций, а также стойкости модифицированного цементного камня в условиях циклических воздействий «замораживание-оттаивание», были выбраны следующие комплексные модификаторы:

– для бетонов нормального твердения с высокими требованиями по водонепроницаемости и морозостойкости: «1% СЭП + 10% МК»;

– для сборного железобетона, предназначенного для дорожного строительства и мостостроения: «1% СЭП + 30% шлака»;

– для бетонов нормального твердения средней морозостойкости с требованиями по ускоренному набору прочности: «1% СЭП + 5% МТК».

Для более подробного изучения скорости и полноты протекания гидратации цемента в присутствии СЭП и разработанных комплексных модификаторов «СЭП + АМД», а также для конкретизации областей их применения было проведено исследование полного тепловыделения и скорости изменения тепловыделения в термосном калориметре (рис. 1, 2, табл. 1).

Результаты эксперимента хорошо коррелируют с ранее полученными данными. Из табл. 1 видно, что введение СЭП увеличивает индукционный период и вызывает замедление гидратационных процессов, вследствие чего появление основного эффекта тепловыделения откладывается на срок до 12 часов. Величина основного эффекта тепловыделения и общее тепловыделение в возрасте 1 сутки составляют примерно 70% от значений, характеризующих цемент без добавок. К третьим суткам общее тепловыделение достигает 90% от бездобавочного.

В присутствии комплексов добавок «СЭП + АМД» также наблюдается увеличение индукционного периода на 1,5-2 часа, что вызвано совместным действием СЭП, замедляющего гидратацию в начальный период, а также большой активностью МК и МТК по отношению к ионам кальция, что способствует снижению их концентрации в жидкой фазе.

Шлак также несколько подкисляет среду. Будучи малоактивным при нормальных условиях, он как бы «разбавляет» клинкерный цемент, вызывая увеличение продолжительности индукционного периода, а также значительное снижение скорости тепловыделения (на 50% по сравнению с бездобавочным по величине основного эффекта) и общего тепловыделения, что свидетельствует о необходимости активизации шлака в процессе твердения, например, проведением тепло-влажностной обработки.

Введение микрокремнезема позволяет несколько увеличить скорость тепловыделения и общее тепловыделение при гидратации в присутствии СЭП, однако наиболее эффективно позволяет нивелировать замедляющее действие СЭП метакеолинит: основной эффект тепловыделения по сравнению с цементом без добавок откладывается всего на 8 часов, при этом скорость тепловыделения наибольшая среди комплексных модификаторов и составляет 90% скорости бездобавочного цемента. Общее тепловыделение при применении модификатора «СЭП + МТК» в первые сутки составляет 85% от тепловыделения цемента без до-

бавок, а во вторые и третьи соответствует значениям немодифицированного цемента.

Таким образом, изучение термокинетических характеристик подтвердило ранее полученные данные, а также показало, что для применения в массивных конструкциях с пониженной экзотерми-

ей целесообразно применять комплекс «СЭП + МК», для бетонов с ускоренными темпами набора прочности – «СЭП + МТК», а при использовании комплекса «СЭП + шлак» желательно проводить тепло-влажностную обработку.

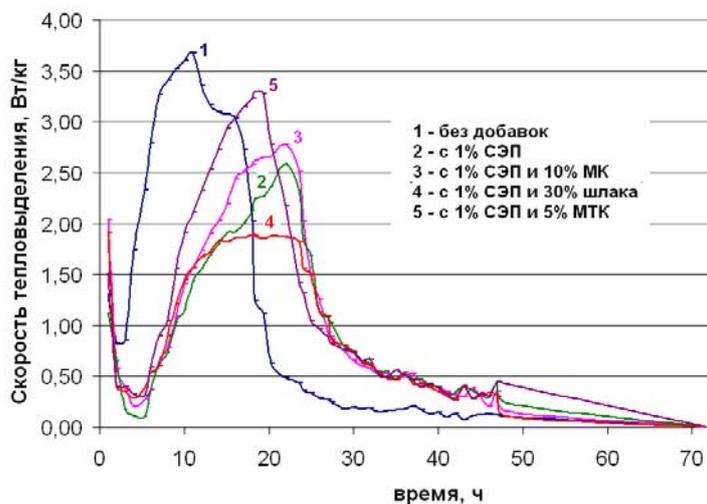


Рис. 1 – Влияние СЭП и комплексных модификаторов «СЭП + АМД» на скорость тепловыделения

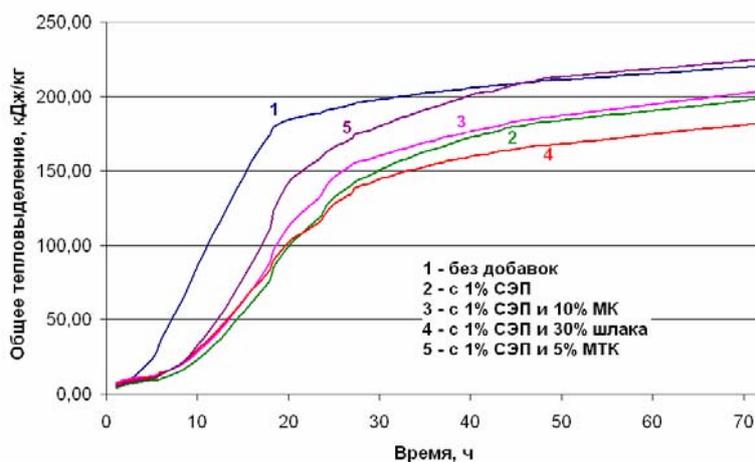


Рис. 2 – Влияние СЭП и комплексных модификаторов «СЭП + АМД» на общее тепловыделение

Таблица 1 – Термокинетические характеристики гидратации цементных композиций

№ п/п	Добавка	Длительность инд. периода, ч	Основной эффект dQ/dt		Тепловыделение Q, кДж/кг, в возрасте, сут		
			Время появления, ч	Величина, Вт/кг	1	2	3
1	Без добавок	1,5	11	3,68	191	210	221
2	1% СЭП	3	22	2,59	126	183	199
3	1% СЭП + 10% МК	3	23	2,78	140	186	204
4	1% СЭП + 30% шлака	4	19	1,88	122	167	182
5	1% СЭП + 5% МТК	4	19	3,30	162	212	223

Библиографический список

1. Artigues, J.C. Study of the effectiveness of water-reducing additives on concrete with microsilica / J.C. Artigues, J. Curado, E. Iglesias // *Admixtures for Concrete. Improvement of Properties: Proceedings of the International Symposium held by RILEM*. – London: Chapman and Hall, 1990. – P. 156-167.
2. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 368 с.
3. Чернышов, Е.М. Высокотехнологичные высокопрочные бетоны: вопросы управления их структурой / Е.М. Чернышов, Д.Н. Коротких // *Мат-лы международного конгресса «Наука и инновации в строительстве «SIB-2008»*. – Т. 1. – Кн. 2. – Воронеж, 2008. – С. 616-620.
4. Гамалий, Е.А. Современные органо-минеральные модификаторы для тяжелых бетонов. Комплексный подход к управлению структурой и свойствами цементных композиций с помощью эфиров поликарбонилатов и АМД / Е.А. Гамалий. – Saarbruken: Lambert Academic Publishing, 2014. – 222 с.

УДК 691.42: 666.3

ДОБАВКИ УСКОРИТЕЛИ ТВЕРДЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ ADDITIVES ACCELERATORS OF HARDENING OF CEMENT CONCRETE

Л.Я Крамар, д.т.н., проф. А.А Курсанова, преподаватель, Ю.В. Ионов, магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния комплексных добавок, включающих метаксаолин на особенности гидратации цемента, формирование структуры и свойств цементного камня и бетона. Установлено, что метаксаолин является эффективным активатором гидратации цемента, при повышенных дозировках способствует образованию метастабильных высокоосновных алюминатов и гидросиликатов, снижающих долговечность цементных материалов.

Abstract. In article results researches of influence complex additives from metakaolin on the features hydration of cement, the formation of structure and properties of cement paste and concrete. Metakaolin - effective activator hydration the cement at elevated dosages contributes to the formation of metastable hydroaluminates and hydrosilicates, reducing the durability of cementitious material.

Ключевые слова: добавки-модификаторы, метаксаолин, микрокремнезем, гидратация, фазовый состав, метастабильные гидратные фазы

Keywords: additives, modifiers, metakaolin, silica fume, hydration, phase composition

Введение.

В современном строительстве применение комплексных добавок-модификаторов, включающих суперпластификатор и активные минеральные добавки, одно из перспективных направлений развития технологии тяжелого бетона, так как позволяет целенаправленно влиять на формирование его структуры и свойств за счет ускорения гидратации, твердения и управления составом гидратных фаз цементного камня и бетона [1,2,3]. В качестве активной минеральной добавки в бетон, применяют различные шлаки, микрокремнезем, золы и т.д., а в последние 20 лет интерес появился к специально полученной добавке – метаксаолину. Принимая во внимание слабую связь между ионами в структуре метаксаолина, можно предположить, что в присутствии воды МТК может диссоциировать на алюминатную и силикатную части, при этом существует вероятность восстановления решетки с присоединением различных элементов и образованием соединений типа гидроалюмосиликатов.

Все исследователи в своих работах отмечают ускорение твердения и повышение прочности бетона в присутствии добавки метаксаолина, при этом существуют разногласия которые касаются, прежде всего дозировок МТК и их влияние на гидратацию цемента и формирование фазового состава цементного камня [4,5,6]. Кроме этого многие исследователи утверждают о влиянии МТК на повышение долговечности бетона, что на наш взгляд

является не достаточно убедительным и требует дополнительных исследований [5,7,8].

Цель работы – исследование влияния метаксаолина как отдельно, так и в комплексе с другими добавками, на гидратацию и твердение цемента, формирование фазового состава.

Материалы и методы исследования

Для исследований применяли цемент производства ЗАО «Невьянский цементник» марки ЦЕМ I 42,5Н (500Д0), с НГ 24%; кварцевый песок Белоносовского месторождения по ГОСТ 8736-93 и щебень фракции 5-20 мм по ГОСТ 8269.0-97. В качестве добавок использовали: метаксаолин (МТК) производства ЗАО «Пласт-Рефей», микрокремнезем (МК) г. Новокузнецк и суперпластификатор СП-1 г. Новомосковск. В работе были приняты составы тяжелого цементного бетона, рекомендуемые ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Технические условия», включающие ранее разработанные оптимальные дозировки добавок МТК – 1,5-3,5%, микрокремнезема (МК) 5-10% и суперпластификатора (СП-1) 0,9-1,2%, а также исследовали влияние на структуру камня 5% добавки МТК, приводящей к сбросам прочности цементного камня и бетона [9].

Исследование влияния комплексных добавок на особенности ранних процессов гидратации изучали по тепловыделению, с помощью изотермического калориметра «TAMAir», степень гидратации основных минералов цемента C_3S и β - C_2S определяли методом РФА по методике Ю.С. Малинина

[10]. Согласно этой методике, аналитическими приняты отражения для C_3S – 1,77 Å и $\beta-C_2S$ – 2,86 Å, а в качестве внутреннего стандарта использовали флюорит (CaF_2 – 1,64 Å). Для изучения влияния добавок на фазовый состав цементного камня применяли дериватографический анализ (ДТА), исследования проводили на дериватографе системы “LuxxSTA 409” фирмы “Netsch”, рентгенофазовый анализ (РФА), выполняли на дифрактометре ДРОН-3М (модернизированном приставкой PDWin). Пористость и водонепроницаемость бетона определяли по ГОСТ 12730.5-84. Испытание прочностных характеристик цементного камня и бетона проводили по ГОСТ 310.4-81 и ГОСТ 10180-2012.

Результаты исследований

С помощью калориметрического анализа определяли скорость изменения тепловыделения цемента при гидратации до 7 суток твердения (рис.1,2). Все образцы цементного раствора имели одинаковое В/Ц отношение 0,3.

Контроль тепловыделения при гидратации показал, что на 1 сутки твердения величина основного эффекта имеет наибольшее значение для состава с комплексной добавкой включающей МТК – 5%. Введение оптимального количества МТК от 3 до 1,5 % совместно суперпластификатором (СП) снижает тепловыделение на 20...30 кДж/кг (рис 1). Это связано с повышением содержания алюминатов в составе цемента, ускорением гидратации в присутствии добавки и предположительно с формированием преимущественно высокоосновных гидратных соединений.

Индукционный период при введении всех комплексных добавок, кроме «1,5%МТК+0,9% СП-1» уменьшается и ускоряется время появления основного эффекта, что также говорит об ускорении гидратации цемента в присутствии комплексных добавок (рис.1).

При введении дополнительно МК в комплексы, величина основного эффекта несколько снижается по сравнению с применением только МТК и СП. Комплексная добавка «3%МТК+10%МК+0,9%СП-1» меньше других влияет на величину тепловыделения и позволяет повысить ее лишь в 1 и 2 сутки, что указывает на ускорение процесса гидратации основных клинкерных минералов цемента в начальные сроки твердения и возможно отсутствие метастабильных гидроалюминатных фаз, склонных к перекристаллизации в более поздние сроки с дополнительным выделением тепла. Кроме этого, такой эффект может быть вызван созданием дефицита свободного гидроксида кальция и формированием низкоосновных гидратных фаз с меньшим выделением тепла, (рис. 1).

Составы, включающие добавки МТК с СП, имеют протяженный пик тепловыделения в области 3 суток, что вероятно свидетельствует о проходящих процессах перекристаллизации метастабильных гидроалюминатных фаз (рис.1) [11, 12, 13].

В дальнейших исследованиях приняли составы, включающие 3 % МТК, 5 и 10%МК, 0,9-1,2%СП-1 и для сравнения использовали состав с критической дозировкой МТК – 5%.

Количественный рентгенофазовый анализ степени гидратации основных клинкерных минералов на примере C_3S и $\beta-C_2S$ подтвердил результа-

ты, полученные с помощью калориметрии. Установлено, что добавка МТК ускоряет гидратацию основного минерала цемента C_3S к 3 суткам на 10% по сравнению с 28 сутками твердения бездобавочного состава. После 7 суток гидратация минерала составляет 85...90%, а в 28 суток достигает 90...95%, в то время как степень гидратации бездобавочного состава в этом возрасте не превышает 70% (рис. 2). Из полученных результатов можно сделать вывод, что выбранные оптимальные дозировки МТК обеспечивают активацию гидратации минерала C_3S на таком же уровне, как и с 5%МТК.

Оценка влияния принятых добавок на степень гидратации белита в цементе позволила установить, что применение комплексных добавок дополнительно включающих МК значительно ускоряет гидратацию белита, к 7 суткам твердения она составляет 75%, к 28 до 80-85%. Тогда как в бездобавочном составе к 28 суткам степень гидратации белита не более 35%. Комплексы, включающие только МТК и МТК с СП, позволяют повысить степень гидратации $\beta-C_2S$ до 50-55% к 7 суткам и до 60-65% к 28 суткам (рис.3).

Исследование фазового состава цементного камня с применением добавок 5% МТК и 3% МТК, совместно с оптимальной дозировкой СП-1 0,9 мас.%, по данным ДТА на 28 сутки твердения способствует формированию структуры с повышенным содержанием общей химически связанной воды. Так введение 5 % МТК увеличивает количество общей химически связанной воды до 21%, что подтверждает присутствие в таком камне большего количества высокоосновных и высоководных гидроалюминатов кальция, типа C_4AH_{19} . Совместное применение оптимальной дозировки МТК и СП, приводит к менее значительному по сравнению с повышенными дозировками МТК увеличению химически связанной воды до 18,5%. Присутствие в комплексах МК приводит к снижению общей химически связанной воды до 15..14%, что возможно связано с образованием в цементном камне в таких условиях стабильных гидроалюминатов и гидросиликатов преимущественно пониженной основности.

Проведенный РФА позволил установить, что введение 5мас.% МТК приводит к формированию повышенного количества высокоосновных ГСК, типа C-S-H (II) фазы с $d/n= 0,98; 0,307; 0,285; 0,280; 0,200; 1,83$ Å, метастабильных алюминатных фаз типа C_4AH_{19} с $d/n= 1,080; 0,394, 0,288; 0,279; 0,254; 0,249; 0,166$ Å наличие которого в дальнейшем приводит к сбросам прочности при перекристаллизации в стабильное состояние. Уменьшение дозировки МТК до 3% и применение его совместно с СП, способствует формированию в цементном камне преимущественно стабильных гидроалюминатных фаз, в том числе кубической сингонии, типа C_3AH_6 с $d/n= 0,514; 0,445; 0,337$ Å; с $d/n= 0,315; 0,282; 0,230; 0,204$ Å.

Дополнительное введение в комплекс 5-10% МК приводит к изменению структуры цементного камня и формированию фазового состава в основном из низкоосновных ГСК типа C-S-H(I) с $d/n= 1,250; 0,304; 0,280; 0,182, 0,167$ Å и стабильных гидроалюминатов кальция C_3AH_6 с $d/n= 0,514; 0,445; 0,337; 0,315; 0,282; 0,230; 0,204$ Å и гидротанатов $3CaOAl_2O_3 \cdot xSiO_2(6-2x) \cdot 2H_2O$ с $d/n= 0,272$ и $0,280$ Å.

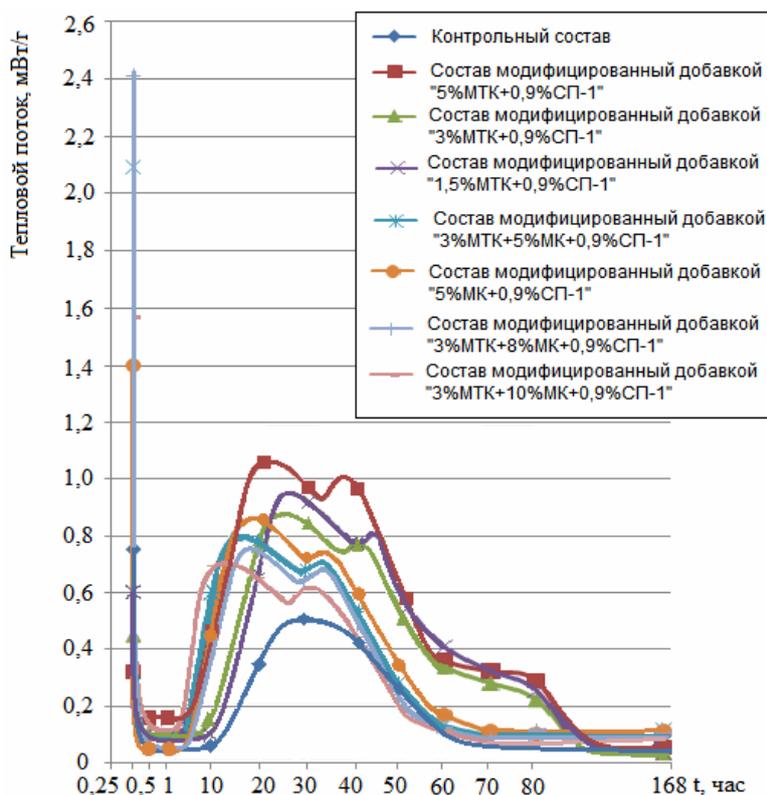


Рис. 1 – Влияние комплексных добавок с метакаолином на скорость тепловыделения цемента

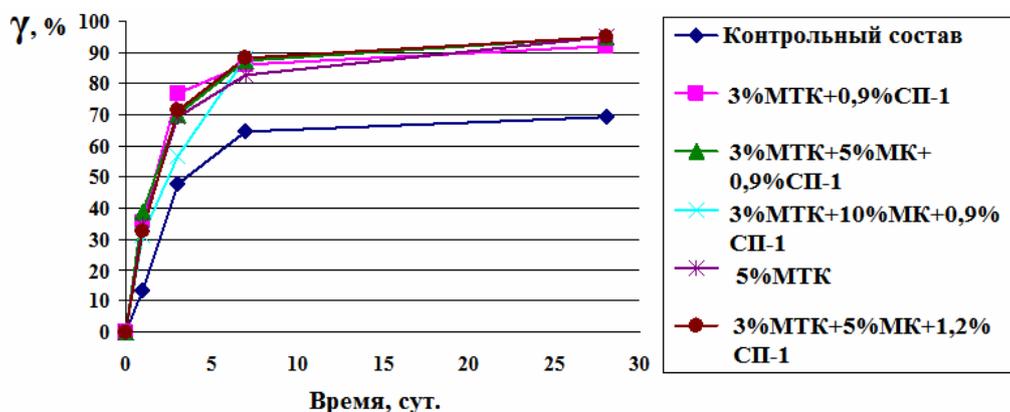


Рис.2– Влияние разработанных комплексных добавок на степень гидратации C_3S в цементном камне

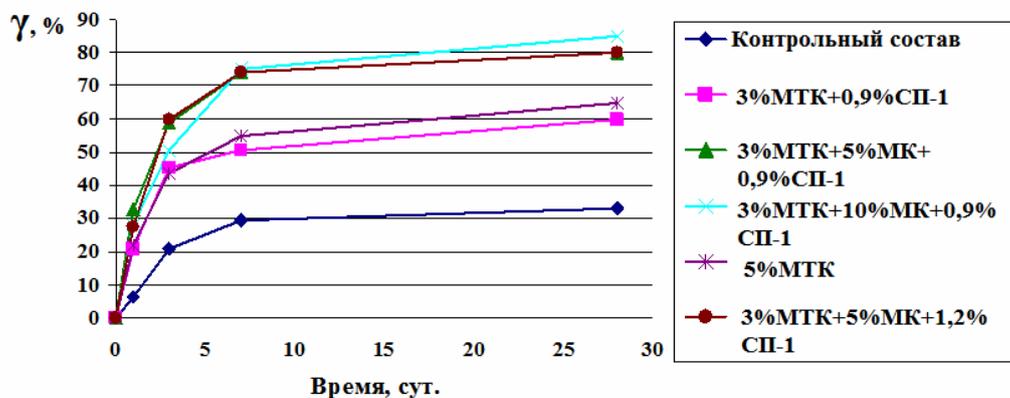


Рис.3– Влияние разработанных комплексных добавок на степень гидратации $\beta-C_2S$ в цементном камне

Изучение прочностных характеристик позволило установить, что применение комплексных добавок «3%МТК+0,9%СП-1», «3%МТК+5%МК+ 0,9%СП-1», «3%МТК+5%МК+1,2%СП-1» и «3%МТК+10%МК+ 0,9%СП-1» позволяет получить прочность бетона не

менее 50% от марочной на вторые сутки нормального твердения (рис.4). Следовательно все разработанные комплексы являются эффективными ускорителями гидратации твердения в соответствии с ГОСТ 25192-2012 и EN 206.

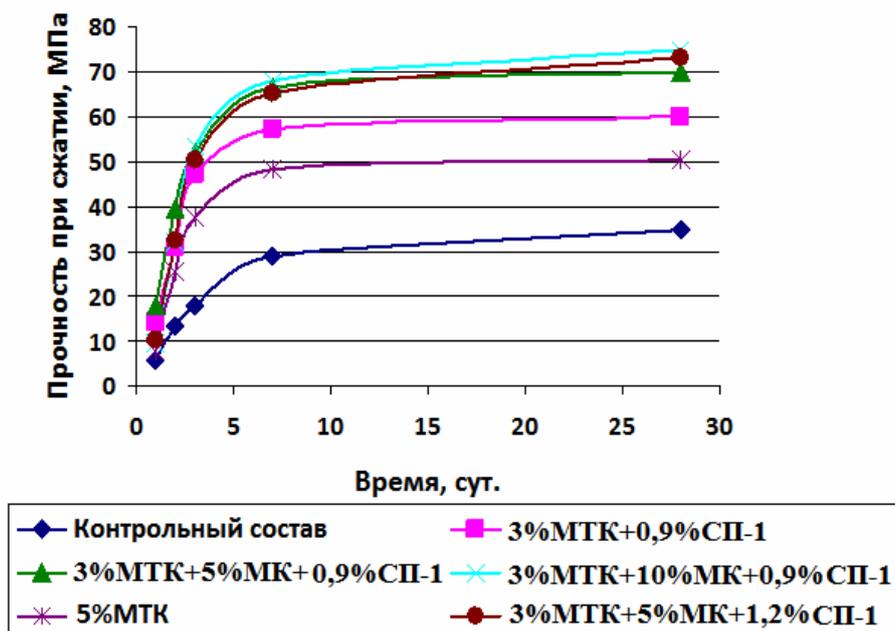


Рис.4 –Кинетика прочности бетона с комплексными добавками

Исследования структуры тяжелого бетона показали, что при введении добавки метаксаолина в количестве 5% бетон имеет открытую пористость (10%) и водонепроницаемость (W8) равную бездобавочному составу. Применение комплексов «3%МТК+0,9%СП-1», «3%МТК+5%МК+0,9%СП-1» снизило открытую пористость бетона до 6% и обеспечило бетонам водонепроницаемость марки W18..W20. Тогда как введение в бетон комплексов «3%МТК+5%МК+1,2%СП-1» и «3%МТК+10%МК+0,9%СП-1» снижает открытую пористость бетона до 5 % и увеличивает водонепроницаемость до W20 и более. Снижение открытой пористости бетона объясняется ускорением процесса гидратации и изменением структуры вследствие формирования низкоосновных гидросиликатов кальция в стесненных условиях.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод об эффективном влиянии разработанных комплексных добавок с МТК, на получение бетона с высокими показателями водонепроницаемости и прочности, при одновременном снижении открытой пористости, что теоретически положительно скажется на стойкости камня к агрессивным воздействиям различных сред.

Выводы

1. Метакаолин является эффективным ускорителем гидратации основных клинкерных минералов цемента C_3S и $\beta-C_2S$.

2. Комплексная добавка «МТК + СП-1», при использовании оптимального количества МТК, способствует формированию структуры камня пре-

имущественно из высокоосновных гидросиликатов и стабильных гидроалюминатов.

3. Превышение установленного оптимума дозировки МТК, приводит к формированию структуры цементного камня из метастабильных гидроалюминатов, что вызывает сбросы прочности бетона при дальнейшей его эксплуатации.

4. Установлено, что для изменения фазового состава цементного камня и бетона с предпочтительным формированием низкоосновных стабильных гидратных фаз, необходимо совместно с МТК и СП вводить дополнительно микрокремнезем. Введение в цемент таких комплексных добавок приводит к увеличению ранней и марочной прочности, водонепроницаемости, снижению открытой пористости, а главное повышению стабильности бетона при эксплуатации.

Библиографический список

1. Добавки в бетон: Справочное пособие /В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди и др.; Под ред. В.С. Рамачандрана; Перевод с англ. Т.И. Розенберг и С.А. Болдырева; Под ред. А.С. Болдырева и В.Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. /В.Г. Батраков. – М.: 1998. – 768 с.
3. Крамар Л.Я Модификаторы цементных бетонов и растворов (Технические характеристики и механизм действия). /Л.Я. Крамар, Б.Я. Трофимов, Е.А. Гамалий, Т.Н. Черных, В.В. Зимич. – Челябинск: из-во ООО «Искра-Профи», 2012. – 211 с.

4. Calderone M.A., Gruber K.A. High Reactivity Metakaolin – A Mineral Admixture for High Performance Concrete. // Concrete Under Severe Conditions. 1995. P. 1015– 1024.
5. Дворкин, Л.И. Метакаолин в строительных растворах и бетонах / Л.И. Дворкин, Н.В. Лушникова, Р.Ф. Рунова и др. – Киев: Издательство КНУБіА, 2007. – 215с.
6. Dubey A., Banthia N. Influence of high reactivity metakaolin and silica fume on the flexural toughness of high performance steel fiber – Reinforced Concrete// ACI Materials Journal. 1998. № 3. P. 284.
7. Kim Hong – Sam, Lee, Sang-Ho, Moon Han – Young Strength properties and durability aspects of high strength concrete using Korean metakaolin. // Construction and Building Materials Journal. 2007. №1. P. 128
8. Al-Akhras, N.M.: Durability of metakaolin to sulfate attack. Cem. Concr. Res. 36(9), 1727–1734 (2006)
9. Кирсанова А.А. Комплексный модификатор с метакаолином для получения цементных композитов с высокой ранней прочностью и стабильностью./А.А. Кирсанова, Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, Т.Н. Аргынбаев, З.В. Стафеева //Вестник ЮУрГУ сер.»Строительство и архитектура», 2013. – Т.13, №1. – С. 49-56
10. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: Учеб. пособие. /В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
11. Кузнецова, Т.В. Физическая химия вяжущих материалов /Т.В. Кузнецова, И.В. Кудряшов, В.В. Тимашев. – М.: В. школа, 1989. – 383 с.
12. Мчедлов-Петросян, О.П. Химия неорганических строительных материалов / О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1988. – 303 с.
13. Методы исследования цементного камня и бетона / под ред. З.М. Ларионовой. – М.: Стройиздат, 1970. – 159 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ: СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 678.5.029.46:666.189

КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СТЕНКИ СБОРНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЕМКостей ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА CONSTRUCTIVE - TECHNOLOGICAL SOLUTIONS OF PREFABRICATED CYLINDRICAL VERTICAL FRP VESSEL'S WALL

Асташкин В.М., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Стенка сборных вертикальных цилиндрических емкостей выполняется из отдельных сегментов, соединяемых на монтаже между собой продольными швами. Анализ работы обычного применяемого фланцевого соединения сегментов и причин имеющихся случаев разрушения таких емкостей выявил ряд недостатков фланцевых соединений, которые могут быть устранены лишь частично. Кардинально улучшить конструкцию емкостей, создав более благоприятное напряженное состояние в зоне стыка сегментов, можно применив их соединение на накладках. Это устраняет изгибающие моменты в зоне стыка и позволяет повысить прочность стеклопластика за счет изготовления сегментов намоткой.

Abstract. The wall of prefabricated cylindrical vertical vessels is made from separate parts which connected together by lengthwise joints. Research on ordinary flanged seams and reasons of vessels destructions reveals a number of deficiencies of flanged seams which can be eliminated only partially. To improve structure of the vessels cardinally by more favorable stress and strain state in the area of joint is possible by using battening plates. This solution removes bending moments in the area of joint and allows to increase FRP durability by using winding.

Ключевые слова: вертикальные емкости цилиндрические, сборные, стеклопластик, конструктивно-технологические решения стенки.

Keywords: cylindrical vertical vessels, prefabricated, FRP, constructive-technological solutions of vessel's wall.

Стеклопластик оправдал себя в условиях применения для изготовления емкостей под различные жидкости, в том числе агрессивные [1].

Вертикальные стеклопластиковые емкости диаметром более 3 м исходя из условий их перевозки изготавливают намоткой на месте или выполняют сборными. Достоинством сборных емкостей является быстрота возведения и отсутствие потребности в мобильном сложном специальном оборудовании.

Стенка сборных вертикальных цилиндрических емкостей выполняется из отдельных сегментов (веролой), соединяемых на монтаже между собой продольными швами. Отдельные сегменты изготавливаются как правило контактным формованием ручной выкладкой стекловолоконистого материала по форме с его пропиткой полимерным связующим, либо напылением. Традиционное соединение сегментов 1 между собой – вертикальным фланцем 2 по их отбортовке (рис 1, а) с соединением болтами 3 с гайками 4 и герметизацией шва внутренним бандажом 6.

От действия гидростатического давления в стенке емкости в окружном направлении возникают большие растягивающие усилия, которые должен воспринять вертикальный стык сегментов. Считалось, что распределение усилий между бандажом и стягивающими фланец болтами идет поровну. При этом не учитывалась разная податливость бандажа и болтового соединения, последняя обу-

словлена изгибом фланца 2 и смятием стеклопластика под шайбами 5. Анализ причин имеющихся случаев разрушения таких емкостей показал, что податливость бандажа значительно ниже, чем болтового соединения, поэтому именно бандаж берет на себя большую часть усилия и возможно его разрушение от разрыва или скалывания по шву при формовке. А после этого все усилие передается на фланцевое соединение и происходит его разрушение от изгиба, вызванного несовпадением оси болта и осевой линии стенки. Эти исследования были проведены нами после разрушения в 2001 году емкости под электролит диаметром 4,5 м и объемом 125 м³. После этого весь парк таких емкостей был усилен стяжными кольцами.

Исследования напряженного состояния стеклопластиковых емкостей диаметром 7,8 м и объемом 250 м³, изготовленных итальянской фирмой BETASERBATOIS.R.L. (г. Парма), также с сопряжением сегментов стенки на продольных фланцах, показало, что они тоже нуждались в усилении. Для этого выполнялись прорези в фланцах и в этой зоне снаружи наформовывались силовые кольцевые стеклопластиковые бандажы.

Уменьшить величину изгибающего фланец момента можно за счет выполнения внутренней поверхности сегментов в зоне кромок с выгибом внутрь оболочки [2], что уменьшает величину эксцентриситета e (рис. 1,б). Подобный эффект достигается также за счет ниш 7 под болты 3 (рис. 1,в).

Кардинально улучшить конструкцию емкостей, создав более благоприятное напряженное состояние в зоне стыка сегментов, можно применив вместо фланцев соединение сегментов на накладках (рис. 2 [3,4]).

В этом случае сборная цилиндрическая оболочка состоит из сегментов 1, выполненных из стеклопластика и образованных разрезкой оболочки по образующей. Продольные кромки сегментов 1 выполнены гладкими, без выступов, и сопряжены между собой с образованием продольного стыка. На стыке сегментов 1 снаружи оболочки установлены с разрывами между собой короткие накладки 2. Разрывы накладок 2 по всем стыкам

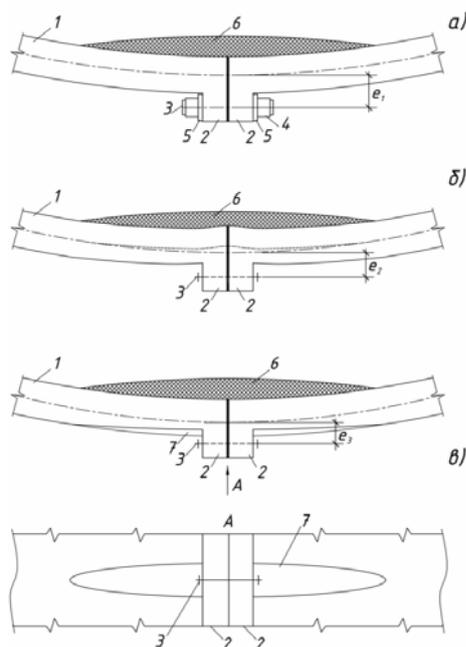


Рис. 1. - Варианты фланцевого сопряжения сегментов стенки сборной вертикальной емкости

Цилиндрические оболочки, собранные из сегментов 1, устанавливаются на днище 6, имеющее наружный уступ, и герметизируются наружной зачеканкой 7 и внутренним бандажом 8.

Отсутствие у сегментов 1 фланцев упрощает конструкцию оболочки и снижает ее материалоемкость, а радиально установленные связи обеспечивают прижим кромок сегментов 1 к накладке 2, что исправляет их возможное искривление. Податливость клеевого соединения накладки 2 с сегментом 1 практически совпадает с податливостью бандажа 4, в результате усилия между ними распределяются поровну и в месте стыка не возникает изгибающего момента. Отсутствие фланцев позволяет изготавливать сегменты методом намотки [5], при этом оправка выполняется выпуклой, составной по форме двух спаренных сегментов. Все это упрощает технологический процесс, повышает производительность и улучшает физико-механические характеристики материала, которые при изготовлении намоткой по сравнению с ручной выкладкой стеклоткани выше на 20 %, [6], а по сравнению с напылением - выше в 2 раза [7]. Это

выполнены на одних уровнях и в разрывах намотаны круговые стеклопластиковые бандажы 5. Длины накладок 2 и их разрывы выполнены с переменным шагом согласно эпюре окружных усилий в оболочке. Накладки 2 соединены с кромками сегментов 1 радиально установленными дискретными связями 3, например болтами или винтами с потайной головкой. Между накладкой 2 и кромкой сегментов 1 нанесен клеевой состав или прослойка стеклопластика (до его отверждения). Для повышения прочности и герметизации изнутри оболочки на стык сегментов 1 наложен стеклопластиковый бандаж 4.

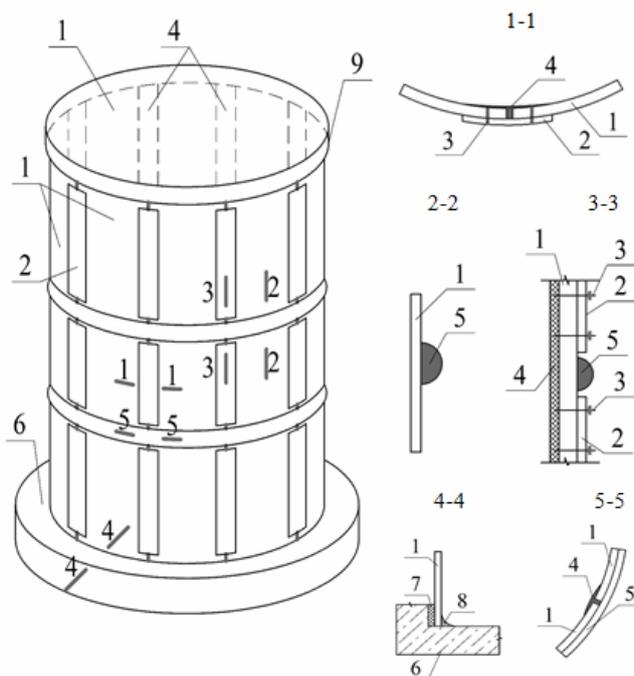


Рис 2. Сборная вертикальная емкость с соединением сегментов на накладках

позволяет снизить материалоемкость оболочки за счет уменьшения ее толщины.

При работе стенки такой емкости под внутренним гидростатическим давлением окружные усилия воспринимаются совместно клеевым соединением накладки 2 с кромками сегментов 1, внутренним бандажом 4 и круговыми бандажми 5, за счет чего такая оболочка имеет повышенную прочность.

Библиографический список

1. Маллинсон, Дж. Применение изделий из стеклопластиков в химических производствах: пер. с англ. / Дж. Маллинсон; под ред. В.И. Альперина, С.М. Перлина. – М.: Химия, 1973.-240 с.
2. Патент на ПМ 30912 РФ, МПК F16 L 9/22, E 04 H 7/02. Сборная цилиндрическая оболочка из композиционного материала/ Асташкин В.М., Пазуцан В.А., Громов Д.А.- Заявлено 31.01.2003; опубликовано 10.07.2003, Бюлл. № 19.-5 с.
3. Патент на ПМ 115033 РФ, МПК F16L 9/00. Сборная стеклопластиковая цилиндрическая оболочка. / Горелый К.А., Малютин Е.В., Хананнов А.З. и др.- Заявл. 23.11.2011; опубликовано 20.04.2012, Бюлл. № 11.-6 с.

4. Патент на ПМ 147985 РФ, МПК F16L/9/00. Сборная стеклопластиковая цилиндрическая оболочка / Шматов С.Б., Асташкин В.М., Ветохин С.Ю. и др.- Заявл. 22.07.2014; опубликовано 20.11.2014, Бюлл. № 32.-7 с.
5. Патент 2051037 РФ, МПК В 29 С 43/20. Способ изготовления выпуклых изделий из стеклопластика и устройство для его осуществления / Асташкин В.М., Пазушан В.А., Асташкин М.В. – Заявлено 04.12.91; опубл. 27.12.95, Бюлл. № 36.- 6 с.
6. Дымовые трубы и элементы газоотводящих трактов из полимерных композиционных материалов: монография / В.М.Асташкин, В.С.Жолудов, А.З.Корсунский и др.; под редакцией Гусева Б.В. и Горелого К.А.- Челябинск, «Абрис-принт», 2011.- 155 с.
7. Руководство по проектированию, расчету и методам контроля газоходов и ванн из бипластмасс / В.М. Асташкин, С.Г. Иванов, Н.С. Кувшинов, В.В. Продайко; под ред. В.М. Асташкина. – М.: ЦБНТИ ММСС СССР, 1979.-122 с.

УДК 624.04.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

NUMERICAL SIMULATION OF FLANGE CONNECTION STEEL CONSTRUCTIONS

Губайдуллин Р. Г., д.т.н., профессор, Пузырев П. И., магистрант.

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. В статье рассматривается численное моделирование фланцевого соединения на примере двутаврового фланцевого стыка нижнего пояса фермы. Представлен алгоритм расчета, получены поля напряжений, деформаций.

Abstract. The article deals with the numerical simulation of the flange connection on the example of double-T flange joint of the lower chord. The algorithm of computation is presented. The stress and strain fields and deformation are obtained.

Ключевые слова: численное моделирование, нагрузка, здания, строительство, инновация, диагностика технического состояния, автоматизация обработки данных, конечно-элементное моделирование, фланцевое соединение.

Keywords: numerical simulation, load, building, innovation, diagnostic troubleshooting, data processing automation, finite element modulation, flange connection.

Многими специалистами отмечается тенденция к замещению сварочных соединений, при монтаже, болтовыми. Одним из таких решений является фланцевое соединение на высокопрочных болтах, которое имеет ряд преимуществ перед сварными соединениями. Снижается металлоемкость, трудоемкость, сроки возведения конструкции. Область его применения достаточно велика, подобное конструктивное решение может использоваться для соединений элементов, подверженных растяжению, изгибу или совместному их действию.

На практике, фланцевое соединение широко применяется при проектировании многоэтажных зданий, а также в стыках поясов стропильных ферм различного сечения. Применение высокопрочных болтов позволяет увеличить жесткость узла, уменьшить прогибы и изгибные напряжения в болтах, улучшить работу при переменных нагрузках, снизить металлоемкость и достигнуть экономии.

Фланцевое соединение - это система, состоящая из четырех совместно работающих элементов: болтов, фланцев, сварных швов и сечений соединяемых элементов. Расчет этой системы, в которой одновременно действуют продольное усилие и изгибающий момент при знакопеременной эпюре напряжений, является достаточно сложной задачей. Основная сложность заключается в том, что деформационные характеристики сжатой и растянутой зон соединения различны и зависят от соотношения жесткостей элементов узла, поэтому положение нейтральной оси соединения и распре-

деление напряжений в околофланцевой зоне заранее неизвестно.

Существующее руководство[1] регламентирует расчет фланцевых соединений. При этом считается, что в соединении действует лишь незначительный изгибающий момент, обусловленный неточностью изготовления и расцентровкой элементов. В общем случае в конструкциях действуют изгибающие моменты и поэтому руководство не может быть применено без специальных поправок к расчету произвольных фланцевых соединений.

Выделяют три соотношения по жесткости, которые могут возникнуть при конструировании фланцевого соединения:

1. Жесткий фланец, слабые болты.
2. Слабый фланец, жесткие болты
3. Фланец и болты сопоставимой жесткости.

Во всех трех случаях предельное состояние фланцевого соединения будет разным, но сопоставить жесткости до расчета затруднительно, что делает подбор элементов соединения трудозатратным.

При расчете болтов учитывается дополнительное усилие (контактное усилие), обусловленное «рычажным» эффектом, возникающее от совместного прижатия двух фланцев друг к другу и его положение зависит от толщины фланцев. При расчете фланцев на изгиб учитывается упругое защемление их под болтом, что позволяет уменьшить значение расчетного изгибающего момента, как следствие более оптимально подобрать диаметры болтов и толщину фланца.

Учет пластических деформаций позволяет использовать резервы несущей способности фланцевых соединений за счет допущения развития пластических деформаций во фланце, а также в сечениях соединяемых элементов в околофланцевой зоне. Требуемая толщина фланца в этом случае будет минимальной.

Как мы видим, в силу наличия касательных напряжений в пластине фланца, работы ее как упруго-защемленной пластины из-за податливости болтов, появления изгибных напряжений в теле болта, учета пластических деформаций трудно создать методику расчета фланцевых узлов ручными методами, поэтому весьма остро стоит вопрос создания алгоритма численного моделирования фланцевого соединения с целью максимально полного учета его особенностей при исследовании напряженно-деформированного состояния стыка.

Был разработан и апробирован алгоритм проведения расчетов:

1. Подготовка расчетной модели. Сюда входят:

а) Создание геометрической модели, описывающей целевое соединения.

б) Генерация сеточной модели на основе созданной геометрии.

Этот пункт был выполнен в пакете программного комплекса ANSYSICEMCFD.

в). Задание граничных и начальных условий, выбор физической модели расчета (например, материал изделия, назначение контактов между телами, его типа и т. д.) – *preprocessing*. Задаются граничные условия и силы.

В модели был произведен учет рычажной схемы работы соединения, контакт двутавровых балок с фланцами осуществлялся через сварные швы. (рис. 2)

1. Решение задачи в вычислителе.

2. Просмотр и оценка результатов – *postprocessing*. Коррекция расчетной модели (изменение геометрии, сеточной, физической модели). Проведение расчета с учетом изменений.

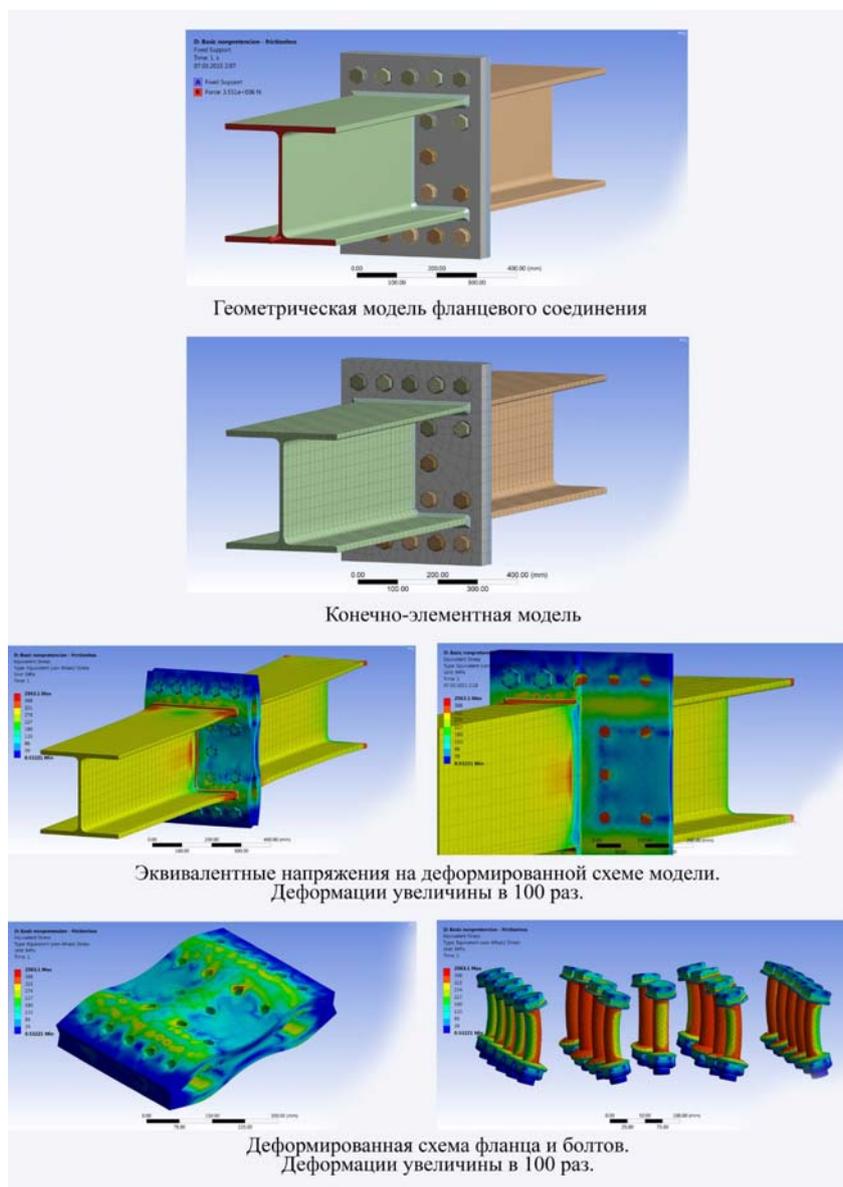


Рис 1. - Методика численного моделирования фланцевого соединения.

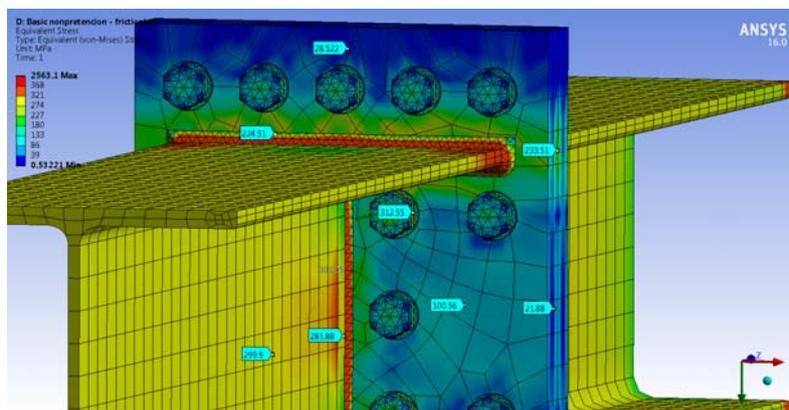


Рис 2. - Эквивалентные напряжения во фланцевом соединении.

На (рис 1.) видно, что болты работают сложно и их напряженно-деформированное состояние можно охарактеризовать как растяжение с изгибом. Также можно заметить неравномерность работы болтов, так как усилия распределяются пропорционально жесткости.

Как правило, коррекция расчетной модели производится из-за неудовлетворительных результатов, полученных в решении или для осуществления численного эксперимента, например, желанием проследить влияние качества сеточной модели (количества ячеек, их параметров) на результат, вычислительные затраты, сходимости расчета или же выявить адекватность применения той или иной физической модели, используемой в ходе анализа.

Заключение

Используя приведенную методику можно оптимизировать размеры элементов узла опираясь на приближенное к реальности напряженное состояние, что обеспечит уменьшение количества требуемого металла и, следовательно, уменьшить стоимость. А также увидеть опасные зоны на этапе проектирования и исправить все конструктивные недочеты.

Численный эксперимент показал хорошую сходимость с взятым за эталон расчетом соединения с такой же геометрией [1]. Высокое максимальное значение напряжений возникает из-за сингулярности в математической модели.

В дальнейшем планируется учесть вопросы пластичности, геометрической нелинейности и

особенности работы фланцевого соединения при воздействии изгибающего момента.

Библиографический список

- 1) Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций. М., ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1989, с. 53.
- 2) Грудев, И. Д. Прочность фланцевых соединений элементов открытого профиля. Болтовые и специальные монтажные соединения в стальных строительных конструкциях. Международный коллоквиум. – 1989. – Труды. Т.2 – С. 7-13.
- 3) Соскин, А. Г. Особенности поведения и расчет болтов фланцевых соединений. Болтовые и специальные монтажные соединения в стальных строительных конструкциях. Международный коллоквиум. – 1989. – Труды. Т.2 – С. 24-31.
- 4) Каленов, В. В, Соскин А. Г., Евдокимов В. В. Исследования и расчет усталостной прочности фланцевых соединений растянутых элементов конструкций. Болтовые и специальные монтажные соединения в стальных строительных конструкциях. Международный коллоквиум. – 1989. – Труды. Т.2 – С. 41-17.
- 5) Проектирование металлических конструкций: Спец.курс. Учебное пособие для вузов/ В. В. Бирюлев, И. И. Кошин, И. И. Крылов, А. В. Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1990 – 432 с. Малкова, Е.О. Особенности проектирования и расчета фланцевых соединений башенных сооружений // Материалы VI Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум».

УДК 539.4:624.01

АРМАТУРНЫЙ КАНАТ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ OPTIMAL CONSTRUCTION REINFORCED CABLE

Мусихин В.А., к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Теоретически обосновано геометрическое построение оптимальной конструкции стального спирального каната с линейным касанием проволок, используемого в качестве предварительно напряженной арматуры железобетонных конструкций.

Abstract. Geometric design of the optimal construction of the steel spiral cable with linear touch the wires used as prestressed reinforcement concrete structures theoretically justified.

Ключевые слова: арматурный канат, напряжение, канат оптимальной конструкции, железобетонная конструкция.

Keywords: reinforced cable, stress, optimal construction cable, reinforcement concrete structure.

В настоящее время из всех существующих конструкций стальных спиральных канатов с линейным касанием проволок, предназначенных для использования в качестве напрягаемой арматуры предварительно напряжённых (ПН) железобетонных конструкций (ЖБК), канат класса К1400 (К-7 (1+6)) [1] является оптимальным канатом по критерию максимального использования прочностных свойств стали [2].

Диаметр центральной проволоки (сердечника) стального спирального каната класса К1400 (рис. 1, а) должен превышать диаметр повивочных проволок для обеспечения возможности изготовления каната.

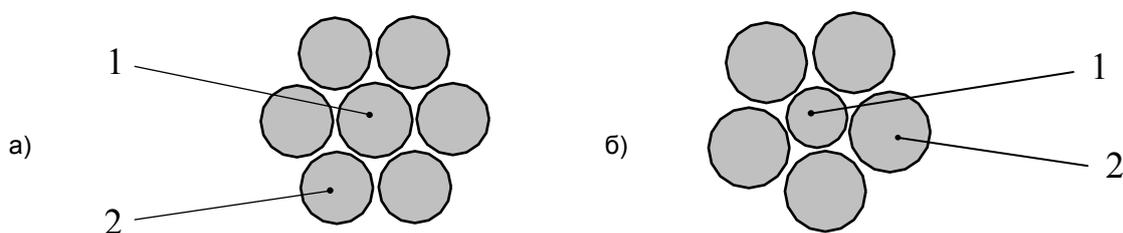


Рис. 1. Поперечные сечения стальных канатов: а) К1400 (К-7), б) К-6 (1+5),
1 – центральная прямолинейная проволока, 2 – повивочная проволока

Государственным нормативным документом, регламентирующим геометрические характеристики составляющих проволок стального каната класса К-7 (1+6), является ГОСТ 13840-68 [1]. Согласно [1] диаметр сердечника превышает диаметр повивочной проволоки на 1,61...4,00 %.

Как показала обработка эмпирических данных [4], в стальных канатах разница между длинами структурных элементов, составляющих канат, является основной причиной того, что фактическая прочность стальных канатов всегда ниже теоретической на 5,0...22,5 % в зависимости от конструкции каната. Это явление назвали межструктурным сдвигом.

Теоретическая прочность стального каната это суммарное разрывное усилие всех проволок в канате, при испытании их на растяжение каждой в отдельности, при этом проволоки испытываются до операции свивки в канат, то есть в так называемом «несвитом» состоянии. «Несвитое» состояние проволоки характеризуется отсутствием деформационных напряжений, возникающих в проволоке при операции свивки. Фактическая (агрегатная) прочность стального каната это разрывное усилие каната в целом.

Согласно [4], при растяжении стальных канатов первыми теряют свою конструктивную целостность наиболее короткие проволоки, составляющие канат. Полные остаточные удлинения, то есть «шейки», в процессе растяжения стального каната появляются сначала именно в самых коротких проволоках каната. В стальном канате наиболее нагруженными элементами являются наиболее ко-

роткие элементы каната, а наименее нагруженными элементами являются наиболее длинные элементы каната.

Автором построена обобщённая математическая модель стального спирального каната с линейным касанием проволок, разработанная на основании дифференциальных уравнений Кирхгофа для тонкого криволинейного стержня [2]. Эта модель позволяет определять сложное напряжённо-деформированное состояние (НДС) элементов каната с учётом его геометрических характеристик (диаметр проволок, угол свивки повивочных проволок) и механических свойств стали (модули упругости и сдвига).

В работе основоположника применения канатной арматуры в России К.В. Михайлова [3] отмечается, что сердечник стальной спиральной семипроволочной пряди с линейным касанием большего диаметра, чем наружные проволоки, с целью:

- 1) получения плотной свивки, при которой достигается плотное прилегание повивочных проволок как к сердечнику, так и друг к другу;
- 2) обеспечения надёжного вовлечения центральной проволоки в общую работу пряди за счёт её радиального обжатия слоем спирально уложенных повивочных проволок, которые стремятся выпрямиться под воздействием растягивающего усилия.

роткие элементы каната, а наименее нагруженными элементами являются наиболее длинные элементы каната.

Автором построена обобщённая математическая модель стального спирального каната с линейным касанием проволок, разработанная на основании дифференциальных уравнений Кирхгофа для тонкого криволинейного стержня [2]. Эта модель позволяет определять сложное напряжённо-деформированное состояние (НДС) элементов каната с учётом его геометрических характеристик (диаметр проволок, угол свивки повивочных проволок) и механических свойств стали (модули упругости и сдвига).

На основе имеющейся математической модели написана программа для ЭВМ на языке Си [5], которая определяет сложное НДС в проволоках каната К-7 (1+6) при заданном внешнем растягивающем усилии для случая чистого растяжения каната (канат растягивается осевой силой N_x , и при этом его концы закреплены от вращения).

Условный диаметр каната класса К-7 (1+6) [1] равен 15,0 мм, номинальный диаметр каната равен 15,2 мм, диаметр сердечника равен 5,2 мм и диаметр повивочной проволоки каната равен 5,0 мм. Согласно [1] кратность свивки повивочных проволок может варьироваться от 12 до 16.

В табл. 1 представлены результаты расчёта неравномерности распределения напряжений между сердечником и повивочными проволоками каната К-7 (1+6) [1] при различной кратности свивки повивочных проволок.

Таблица 1 - Расчёт НДС каната К1400 (К-7) при различной кратности свивки

Канат	N _x , кН	k, [ед]	Слои проволоки	min d ₀ , мм	ΔL _{нс} , мм	Напряжения, МПа				Δ _п , %
						σ _n	σ _m	τ _t	σ _t	
К-7 (1+6) 15,2 мм	190	12	0	5,144	2,79	1420,0			1420,0	1,60
			1			1377,5	20,2	1,2	1397,7	
		13	0	5,133	2,58	1412,1			1412,1	1,36
			1			1375,9	17,3	0,9	1393,2	
		14	0	5,124	2,40	1405,8			1405,8	1,16
			1			1374,6	14,9	0,8	1389,6	
		15	0	5,116	2,24	1400,7			1400,7	1,02
			1			1373,6	13,0	0,6	1386,6	
		16	0	5,110	2,10	1396,6			1396,6	0,90
			1			1372,8	11,5	0,5	1384,2	

В табл. 1 введены обозначения:

N_x – внешняя осевая растягивающая сила; k – кратность свивки повивочных проволок; слои проволоки: 0 – центральная проволока (сердечник), 1 – повивочная проволока; ΔL_{нс} – разница длин сердечника и повивочной проволоки на участке длины проволоки равном одному шагу свивки повивочных проволок; σ_n – нормальные напряжения от осевого растяжения; σ_m – нормальные напряжения от изгиба; τ_t – касательные напряжения от кручения; σ_t – максимальные нормальные напряжения; Δ_п – расхождение вычисленных по программе напряжений в повивочной проволоке и сердечнике.

В табл. 1 величина min d₀ представляет собой минимально допустимый диаметр сердечника каната, который определяется из условия плотного прилегания повивочных проволок к сердечнику и друг к другу, то есть из условия нормального контакта повивочных проволок с сердечником и из условия собственного тангенциального контакта между повивочными проволоками. Программа для ЭВМ [5] определяет min d₀ по заданным внешнему диаметру каната и кратности свивки повивочных проволок.

Рассматривая стальной канат К-7 (1+6), мы видим, что сердечник всегда является максимально нагруженной проволокой каната. Это явление объясняется существующим различием деформативных характеристик (длины и диаметра) сердечника и повивочной проволоки каната К-7 (1+6). В канате класса К-7 (1+6) сердечник (прямолинейная центральная проволока) всегда короче повивочной проволоки (спиральной наружной проволоки) и, следовательно, не может деформироваться наравне с ней.

Для уменьшения неравномерности распределения напряжений между различными проволоками каната необходимо уменьшить разницу деформативных характеристик (длин) различных проволок, составляющих канат.

Рассматривая прочностные характеристики стальных проволок, составляющих спиральный канат К-7 (1+6), необходимо учитывать, что при уменьшении диаметра стальной проволоки её прочностная характеристика увеличивается. При этом в канате К1400 максимальные напряжения

возникают в центральной проволоке, которая имеет наибольший диаметр и, следовательно, наименьшую прочностную характеристику. Значит, прочность всего каната К-7 (1+6) определяется прочностью составляющей проволоки, имеющей наименьшую прочностную характеристику.

С одной стороны диаметр сердечника каната К1400 должен несколько превосходить диаметр повивочной проволоки для обеспечения возможности изготовления каната, а с другой стороны диаметр сердечника каната К1400 желательно сделать меньше диаметра повивочной проволоки для того, чтобы в канате К1400 максимально нагруженная (самая короткая) проволока имела бы наибольшую прочностную характеристику. Эта дилемма в конструкции каната К-7 (1+6) является неразрешимой.

Конструкция каната К-7 (1+6) содержит в себе неразрешимое внутреннее противоречие. Технологическое условие (возможность изготовления каната) вступает в противоречие с конструкционным условием (максимально использовать прочностные свойства материала).

Необходимо принципиально изменить саму конструкцию стального спирального каната с линейным касанием проволок. То есть необходимо разработать оптимальную конструкцию стального спирального каната, предназначенного для использования в качестве напрягаемой арматуры ПН ЖБК. Детерминирующим критерием оптимизации для конструкции стального арматурного каната является максимальное использование прочностных свойств стальных проволок, составляющих канат.

Нужна конструкция стального спирального каната с линейным касанием проволок, в которой выполняются два условия оптимизации.

1-е условие: разница деформативных характеристик (длин) различных проволок, составляющих стальной канат, должна быть минимальной.

2-е условие: максимально нагруженная проволока стального каната должна иметь наибольшую прочностную характеристику.

Автором на основе дедуктивного метода научного анализа разработан новый стальной спиральный канат класса К-6 (1+5) с линейным касанием проволок, имеющий теоретически обоснован-

ную оптимальную конструкцию по критерию максимального использования прочностных свойств стали в проволоках каната.

Стальной арматурный канат конструкции класса К-6 (1+5) не имеет аналогов в нашей стране и за рубежом. Шестипроволочный канат класса К-6 (1+5) номинальным диаметром 15,4 мм состоит из центральной прямолинейной проволоки (сердечника) диаметром 4,2 мм и пяти повивочных проволок диаметром 5,6 мм, спирально уложенных вокруг сердечника.

На рис. 1, б показано поперечное сечение нового стального спирального каната с линейным касанием проволок класса К-6 (1+5). Особо отметим, что новый шестипроволочный канат класса К-6 (1+5) номинальным диаметром 15,4 мм имеет площадь поперечного сечения 136,94 мм², а существующий семипроволочный канат класса К-7 (1+6) [1] номинальным диаметром 15,2 мм имеет площадь поперечного сечения 138,98 мм². Расхождение площадей поперечных сечений канатов составляет 2,04 мм² или 1,47 % от площади поперечного сечения каната класса К-7 (1+6). Следовательно, можно сделать важный для существующих проектов ПН ЖБК вывод, что канат класса К-6 (1+5) номинальным диаметром 15,4 мм и канат класса К-

7 (1+6) [1] номинальным диаметром 15,2 мм взаимозаменяемы.

На основе имеющейся математической модели написана программа для ЭВМ на языке Си, которая определяет сложное НДС в проволоках каната К-6 (1+5) при заданном внешнем растягивающем усилии для случая чистого растяжения каната.

В табл. 2 представлены результаты расчёта неравномерности распределения напряжений между сердечником и повивочными проволоками стального каната К-6 (1+5) при различной кратности свивки повивочных проволок этого каната принимаем от 12 до 16 по аналогии с канатом класса К-7 (1+6) [1].

Из табл. 1 и табл. 2 видно, что в канате класса К-6 (1+5) расхождение напряжений в сердечнике и повивочной проволоке (Δ_n) меньше, чем в канате класса К-7 (1+6), так как разница деформативных характеристик (длин) сердечника и повивочной проволоки в канате К-6 (1+5) меньше, чем в канате К-7 (1+6). Таким образом, «1 условие оптимизации» для разработанного автором стального каната класса К-6 (1+5) выполняется.

Таблица 2 - Расчёт НДС каната К-6 (1+5) при различной кратности свивки

Канат	N _x , кН	k, [ед]	Слои проволоки	min d ₀ , мм	ΔL _{пс} , мм	Напряжения, МПа				Δ _n , %
						σ _n	σ _m	τ _t	σ _t	
К-6 (1+5) 15,4 мм	190	12	0	4,062	2,55	1438,8			1438,8	1,22
			1			1399,9	21,6	1,2	1421,5	
		13	0	4,053	2,35	1431,1			1431,1	1,01
			1			1398,0	18,5	0,9	1416,5	
		14	0	4,045	2,19	1425,0			1425,0	0,89
			1			1396,5	15,9	0,8	1412,4	
		15	0	4,039	2,04	1420,1			1420,1	0,77
			1			1395,3	13,9	0,6	1409,2	
		16	0	4,034	1,92	1416,0			1416,0	0,68
			1			1394,3	12,2	0,5	1406,5	

Обозначения в табл. 2 аналогичны обозначениям в табл. 1.

Рассматривая прочностные характеристики стальных проволок, составляющих канат К-6 (1+5), и зная, что при уменьшении диаметра стальной проволоки её прочностная характеристика увеличивается, можно видеть, что в канате класса К-6 (1+5) центральная проволока (сердечник), в которой возникают максимальные напряжения, имеет наименьший диаметр и, следовательно, наибольшую прочностную характеристику. Таким образом, прочность всего каната класса К-6 (1+5) определяется прочностью составляющей проволоки, имеющей наибольшую прочностную характеристику. Следовательно, «2 условие оптимизации» для разработанного автором стального каната класса К-6 (1+5) также выполняется.

Покажем выполнение «2 условия оптимизации» более наглядно с помощью сравнения эпюр нормальных напряжений (σ_t) в структурных элементах стальных канатов класса К-7 (1+6) и класса К-6 (1+5) и эпюр прочностных характеристик (R_s) этих структурных элементов (рис. 2).

На рис. 2 видно, что эпюра нормальных напряжений в структурных элементах каната К-7 (1+6) абсолютно не конгруэнтна эпюре прочностных характеристик этих элементов, а эпюра нормальных напряжений в структурных элементах каната К-6 (1+5) практически конгруэнтна эпюре прочностных характеристик этих элементов. Значит, прочностные свойства стальных проволок в канате К-6 (1+5) используются в большей степени, чем в канате К-7 (1+6).

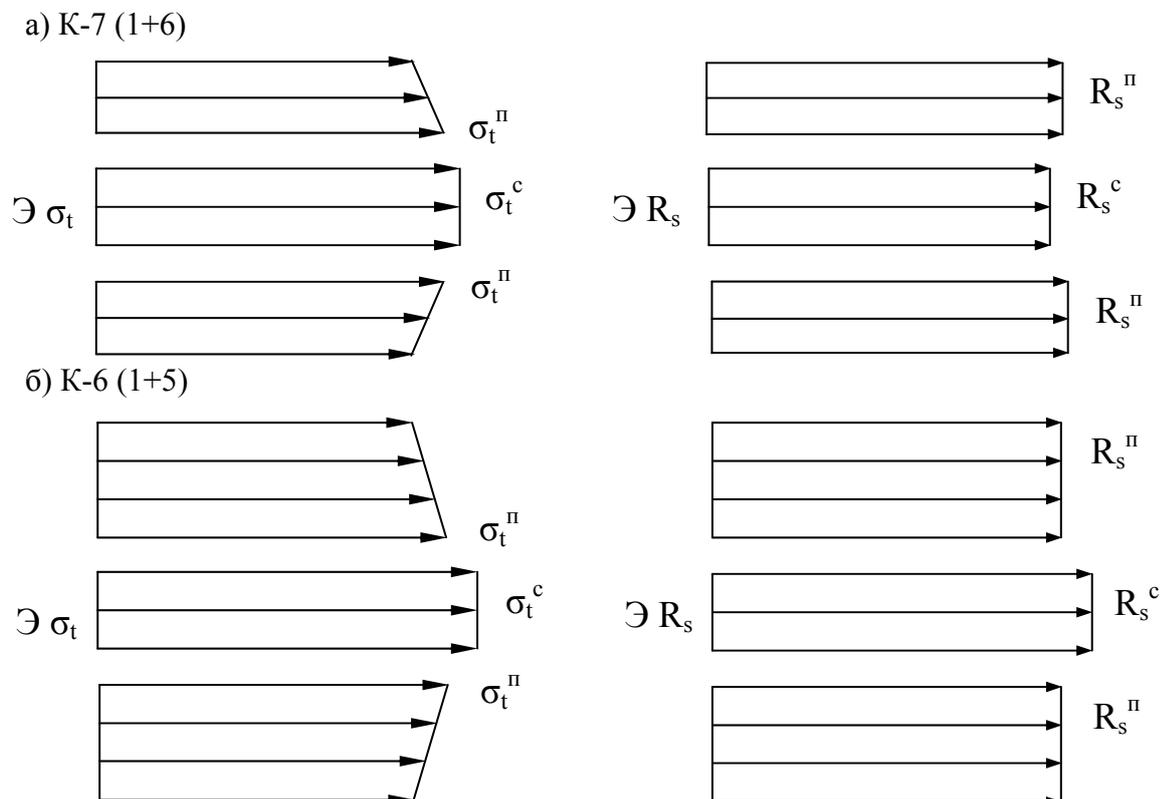


Рис. 2. - Соотношение напряжений и прочностных характеристик в элементах канатов К-7 (1+6) и К-6 (1+5) (масштаб условный), п – повивочная проволока, с – сердечник

Таким образом, применение стального каната класса К-6 (1+5) вместо стального каната класса К-7 (1+6) [1] в качестве напрягаемой арматуры ПН ЖБК значительно повышает эффективность использования прочностных свойств дорогостоящей высокопрочной арматурной стали.

Библиографический список

1. ГОСТ 13840-68 Канаты стальные арматурные 1x7. Технические условия. – М.: Стандартиздат, 1995. – 8 с.
2. Мусихин, В.А. Расчёт и конструирование стальных спиральных канатов, используемых в качестве предварительно напряжённой арматуры железобетонных

конструкций: дис. ... канд. техн. наук / В.А. Мусихин. – Челябинск, 2003. – 206 с.

3. Михайлов, К.В. Проволочная арматура для предварительно напряжённого железобетона / К.В. Михайлов. – М.: Стройиздат, 1964. – 190 с.
4. Гурьянов, Ю.А. Влияние межструктурного сдвига на прочность стальных канатов / Ю.А. Гурьянов // Сталь. – 1990. – № 10. – С. 76–79.
5. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 990501 Определение напряжённо-деформированного состояния элементов арматурного каната К-7 в упругой стадии работы стали / В.А. Мусихин. – М.: РОСПАТЕНТ, 1999.

УДК 51-74

ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТОЛСТОСТЕННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ, ПОДВЕРГАЮЩЕЙСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ НЕРАВНОМЕРНОГО ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР И РАДИАЦИИ

DEFORMATION MODEL OF THICK-WALLED CYLINDRICAL SHELL THAT IS EXPOSED NON-UNIFORMITY OF THE TEMPERATURE FIELD AND RADIATION

Богина М.Ю., ассистент

Балашовский институт, филиал Саратовского Государственного Университета

Аннотация. В статье рассмотрены основные физические соотношения модели деформирования толстостенной цилиндрической оболочки. Приводится алгоритм расчета данной оболочки подверженной совместному действию давления, температуры, и радиационному облучению.

Abstract. The article describes the basic physical correlations deformation model of thick-walled cylindrical shell. Give an algorithm for the calculation of the shell subjected to the combined action of pressure, temperature, and radiation exposure.

Ключевые слова: модель деформирования, радиационное облучение, тепловой поток, толстостенная цилиндрическая оболочка.

Keywords: deformation model, irradiation, heat flow, a thick-walled cylindrical shell.

В строительной механике для описания процессов деформирования обычно используется система параметров, которая включает: напряжение σ , деформацию ε , температуру T , время t . Эта система в случае, когда необходимо описать процесс деформирования и разрушения оказывается недостаточно полной. Для более корректного описания в дополнение к указанным выше параметрам

вводится параметр поврежденности Π , параметр радиационного распухания ε_r , доза нейтронного облучения Φ .

В случае сложного напряжённого состояния, когда на тело действует и радиационное и тепловое поле, физические соотношения можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{\psi} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] + \alpha T + \varepsilon_r & \chi_{xy} &= 2(1+\nu) \frac{T_{xy}}{\psi} \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{\psi} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] + \alpha T + \varepsilon_r & \chi_{yz} &= 2(1+\nu) \frac{T_{yz}}{\psi} \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{\psi} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] + \alpha T + \varepsilon_r & \chi_{zx} &= 2(1+\nu) \frac{T_{zx}}{\psi} \end{aligned} \quad (1)$$

В этих выражениях $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \chi_{xy}, \chi_{yz}, \chi_{zx}$ - компоненты тензора напряжений;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, T_{xy}, T_{yz}, T_{zx}$ - компоненты тензора деформаций; $\alpha(\Phi)$ - коэффициент линейного температурного расширения, зависящий от флюенса Φ ; $\varepsilon_r(T, \Phi)$ - объемная радиационная деформация; $\psi = \psi(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T)$ - функция интенсивности деформаций ε_r , поврежденности Π , флюенса Φ , температуры T , причем T есть разница между действующей и некоторой базовой температурой при которой определялась диаграмма $\sigma_u(\varepsilon_u)$:

$$\psi(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T) = \frac{\sigma_u(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T)}{\varepsilon_u} \quad (2)$$

$$\nu(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T) = \frac{1}{2} - \frac{1 - 2\nu_0}{2E_0} \psi(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T) \quad (3)$$

здесь ν_0, E_0 - коэффициенты поперечной деформации и модуль упругости при малых линейных деформациях.

В частном случае можно принять:

$$\sigma_x = (AB\varepsilon_x - f_1(T) \cdot f_2(\Phi) \cdot f_3(\Pi) \cdot f_4(T)) \quad (4)$$

где AB и μ - коэффициенты.

Функции влияния $f_1(T), f_2(\Phi), f_3(\Pi), f_4(T)$ могут быть приняты в виде:

$$f_1(T) = 1 + a_1 T + a_2 T^2 \quad (5)$$

$$f_2(\Phi) = 1 - \alpha_1 \lg(\beta \Phi) \quad (6)$$

$$f_3(\Pi) = \exp(-\beta \Pi) \quad (7)$$

Рассмотрим модель деформирования толстостенной цилиндрической оболочки [1] из материала, поведение которого описывается соотношениями (4), (5), (6), (7). Пусть оболочка имеет внутренний радиус r_0 , а наружный r_n и загружена соответственно давлениями P_0, P_n . Тогда в оболочке возникают только нормальные компоненты тензора напряжений, связь которых с компонентами тензора деформаций в цилиндрической системе координат r, φ, z соответственно (1) имеет вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{1}{\psi} [\sigma_r - \nu(\sigma_\varphi + \sigma_z)] + \alpha T + \varepsilon_r \\ \varepsilon_\varphi &= \frac{1}{\psi} [\sigma_\varphi - \nu(\sigma_r + \sigma_z)] + \alpha T + \varepsilon_r \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{\psi} [\sigma_z - \nu(\sigma_r + \sigma_\varphi)] + \alpha T + \varepsilon_r \end{aligned} \quad (8)$$

Функция интенсивности деформаций, поврежденности, флюенса и температуры в соответствии с (2.32) имеет вид:

$$\psi(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T) = (A\varepsilon_r^{-1} - B\varepsilon_r^{-2}) \cdot f_1(T) \cdot f_2(\Phi) \cdot f_3(\Pi), \quad (9)$$

где функции f_1, f_2, f_3 задаются выражением (5), (6), (7).

Ограничимся случаем установившегося теплового потока, для которого закон распределения температуры определен из уравнения:

$$\frac{d^2 T_r}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT_r}{dr} = 0, \quad (10)$$

где T_r - температура в точках оболочки с координатой $r_1 \leq r \leq r_2$. Решение уравнения (10) при граничных условиях имеет вид:

$$T_r = T_1 + (T_2 - T_1) \frac{\ln(r/r_1)}{\ln(r_2/r_1)}, \quad (11)$$

Будем также полагать, что толстостенная оболочка облучается изнутри неравномерно распределенным потоком нейтронов. В этом случае закон распределения флюенса по радиусу оболочки имеет вид:

$$\Phi_r = \Phi_0 \frac{r_0}{r} \exp[-(r - r_0)/\lambda], \quad (12)$$

где Φ_r - флюенс в точке оболочки с радиусом r , Φ_0 - флюенс на внутренней поверхности оболочки, причем:

$$\Phi_r = I_r \cdot t; \quad \Phi_0 = I_0 \cdot t, \quad (13)$$

где I_r - поток нейтронов на глубине r , I_0 - поток нейтронов на внутренней поверхности оболочки, t - длина релаксации нейтронов.

При записи выражения (12) принята гипотеза о том, что свойства, возникающие под влиянием нейтронов за время t , на глубине z совпадают со свойствами при однородном радиационном облучении I_0 за время t .

Физические соотношения (8) нужно дополнить уравнениями равновесия толстостенной цилиндрической оболочки:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0, \quad (14)$$

и уравнением неразрывности:

$$\frac{d\varepsilon_r}{dr} + \frac{\varepsilon_r - \varepsilon_\theta}{r} = 0. \quad (15)$$

Определив из третьего уравнения (8) напряжения σ_z и подставляя его в два остальных, найдем:

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \frac{1-\nu^2}{\psi} \left[\sigma_r - \frac{\nu}{(1-\nu)} \sigma_\theta \right] - \nu \varepsilon_\theta + (\alpha T + \varepsilon) (1+\nu) \\ \varepsilon_\theta &= \frac{1-\nu^2}{\psi} \left[\sigma_\theta - \frac{\nu}{(1-\nu)} \sigma_r \right] - \nu \varepsilon_r + (\alpha T + \varepsilon) (1+\nu) \\ \sigma_z &= \nu(\sigma_r + \sigma_\theta) + \psi \varepsilon_\theta - (\alpha T + \varepsilon) \psi \end{aligned} \quad (16)$$

Подставляя первые два выражения из (16) в уравнение неразрывности (15), и учитывая уравнение равновесия (14), а также переменность коэффициента поперечной деформации ν , после некоторых преобразований, получим следующее разрешающее уравнение:

$$\frac{d^2 \sigma_r}{dr^2} + \xi \frac{d\sigma_r}{dr} + \eta \sigma_r = q, \quad (17)$$

$$\text{где } \xi = \frac{3}{r} - \frac{2\nu\nu'}{(1-\nu^2)} - \frac{\psi'}{\psi} \quad (18)$$

$$\eta = - \left[(1+\nu)\nu' + (1-\nu-2\nu^2) \cdot \frac{\psi'}{\psi} \right] r(1-\nu^2), \quad (19)$$

$$q = \psi \left[\varepsilon_\theta \nu' + \nu(\alpha T + \varepsilon) - (1+\nu) \nu' \sigma_\theta + \alpha \nu' + \varepsilon \nu' \right] / (1-\nu^2), \quad (20)$$

Здесь штрих означает дифференцирование по радиусу. Граничные силовые условия записываются:

$$r = r_1; \quad \sigma_r = -P; \quad r = r_2; \quad \sigma_r = -P. \quad (21)$$

Для определения величины продольной деформации ε_z воспользуемся условием равновесия оболочки в осевом направлении:

$$N = 2\pi \int_{r_1}^{r_2} r dr = 2\pi \int_{r_1}^{r_2} [v(\sigma_r + \sigma_\theta) + \psi(\varepsilon_z + \varepsilon)] r dr \quad (22)$$

$$\varepsilon_z = \frac{N}{2\pi} \cdot \frac{1}{\int_{r_1}^{r_2} v(\sigma_r + \sigma_\theta) r dr + \int_{r_1}^{r_2} \psi(\varepsilon_z + \varepsilon) r dr} \int_{r_1}^{r_2} r dr \quad (23)$$

Для решения уравнения (17) можно воспользоваться методом последовательных приближений, находя нулевое приближение из линейного решения:

$$\sigma_r^0 = H + J/r^2; \quad \sigma_\theta^0 = H - J/r^2; \quad (24)$$

где $H = (P_1 r_1^2 - P_2 r_2^2) / (r_2^2 - r_1^2)$;

$$J = (P_1 - P_2) r_1^2 r_2^2 / (r_2^2 - r_1^2).$$

Расчет толстостенной цилиндрической оболочки подвергающейся совместному действию давления, температуры, и радиационному облучению можно выполнять по следующему шаговому алгоритму:

1) По формуле (11) задается закон распределения температуры по толщине оболочки, при заданных значениях граничных условий T_1, T_2 .

2) Решается (методом прогонки) уравнение (17) и находятся законы распределения напряжений и деформаций по толщине оболочки: $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z, \varepsilon_r, \varepsilon_\theta, \varepsilon_z, \varepsilon_u$.

3) Проверяется выполнение условия прочности:

$$\sigma_r \leq \sigma_{проч} \quad (25)$$

4) Если условие прочности выполняется, то делается шаг Δt по времени и по формуле (12) с

7) Находится закон распределения радиационных деформаций по толщине оболочки.

$$\varepsilon_s = \begin{cases} 0, \Phi < \Phi_{свп} \\ \delta \cdot \varepsilon_{свп} \left[\exp(\nu(\Phi - \Phi_{свп})) - 1 \right] / \left[\exp(\nu(\Phi - \Phi_{свп})) + \delta \exp(\nu(\Phi - \Phi_{свп})) \right], \Phi \geq \Phi_{свп} \end{cases} \quad (27)$$

где δ - максимальное значение радиационных, δ, ν - эмпирические коэффициенты, зависящие от радиационной деформативности заполнителя и энергетического спектра потока нейтронов.

8) Проверяется выполнение условия долговечности:

$$P_r < 1. \quad (28)$$

Библиографический список

1. Овчинников И.Г. Напряженно-деформированное состояние армированных элементов конструкций при

учетом (13) находится закон распределения флюенса Φ , нейтронов по толщине оболочки.

5) Решая уравнение

$$\frac{dT}{dT} = S(\Phi, T) \left[\frac{\sigma_r}{1 - \dots} \right] \quad (26)$$

)

определяем закон распределения поврежденности по толщине оболочки

6) По формуле (9) с учетом (5), (6), (7) определяем закон распределения $\psi(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T)$, а затем по формуле (3) закон распределения $v(\varepsilon_r, \Pi, \Phi, T)$ по толщине оболочки.

воздействия радиационных полей. / Овчинников И.Г., Матора А.В., Наумова Г.А. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2004. – 204 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ФРИКЦИОННО-ФЛАНЦЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ МОНТАЖНОГО СТЫКА ПОДКРАНОВЫХ БАЛОК

MATHEMATICAL MODELING OF THE COMBINED WEB, FLANGE AND END-PLATE SPLICE OF THE CRANE GIRDERS

Сабуров В.Ф., д.т.н., профессор, Коржук Д.А., ассистент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. В данной статье рассмотрены особенности математического моделирования в ПК Ansys фрикционно-фланцевого монтажного стыка двутавровых подкрановых балок. Также был выполнен анализ появления концентраторов напряжений, влияющий на усталостную прочность соединения. На основании полученных результатов в конструкцию стыка были внесены изменения, повышающие его долговечность.

Abstract. In this article the peculiarities of mathematical modeling in of the combined web, flange and end-plate splice of the I-beam crane girders. We also performed an analysis of the occurrence of a stress affecting the fatigue strength of the splice. Changes were made to enhance durability of the splice on the basis of the analysis result.

Ключевые слова: подкрановые балки, монтажный стык, усталостная прочность, долговечность стальных конструкций

Keywords: crane beams, girder splices, fatigue strength, durability of steel structures

Для монтажных стыков подкрановых балок составного поперечного сечения широкое распространение получило решение стыка с использованием различных накладных элементов, соединенных между собой фрикционно с помощью высокопрочных болтов с предварительным натяжением. Однако данное решение имеет ряд недостатков, основными из которых являются повышенная металлоемкость и сложность с взаимной увязкой конструктивных элементов кранового пути (крановый рельс и его крепления к поясу). Это приводит к необходимости конструктивного уширения пояса, дополнительному расходу металла и усложнению эксплуатации кранового пути [1]. Особенно данная проблема касается двутавровых балок с поясными соединениями на дискретных связях (балки на высокопрочных болтах или заклепках).

Известно, что монтажный стык двутавровых балок может выполняться в виде фланцевого стыка [2]. Однако для данного соединения недостаточно экспериментальных данных о его использовании при циклических нагрузках. В качестве примера можно привести данные о результатах исследования, выполненных специалистами ЦНИИПСК им. Мельникова [3].

При обследовании кислородно-конвертерного цеха Карагандинского металлургического комбината после 21 года эксплуатации в опорных узлах крепления подкрановой балки коробчатого сечения к колоннам сбоку на жестких фланцах было обнаружено большое количество высокопрочных болтов, имеющих следы усталостного разрушения. Исследования показали, что высокопрочные болты при циклическом растяжении быстро разрушаются, если они не затянуты или затянуты слабо. Однако усталостная прочность резко повышается при натяжении болтов в пределах их расчетного сопротивления. Следовательно, эксплуатационная надежность фланцевого соединения обусловлена тем, что большая часть внешней переменной нагрузки воспринимается действующими в соединении контактными усилиями сжатия.

В качестве соединения, в котором недостатки фланцевого соединения и недостатки соединения с накладками были бы устранены, авторами был предложен вариант фрикционно-фланцевого монтажного стыка, в котором сжимающие усилия воспринимаются фланцами, а растягивающие – накладками на высокопрочных болтах. На указанное соединение был получен патент на полезную модель [4].

Новизна конструктивного решения стыка потребовала оценки его напряженно-деформированного состояния (НДС) и оптимизации проведения численного моделирования в программном комплексе «ANSYS». Также для сравнения было выполнено численное моделирование фланцевого соединения. Целью численного моделирования было определение долговечности данных соединений и их сравнительный анализ.

Усталостная прочность элементов соединения главным образом зависит от амплитуды нормальных напряжений [5]. Поэтому основными зонами появления усталостных трещин являются места концентрации напряжений, в которых амплитуды напряжений в несколько раз выше, чем в местах, где концентраторы отсутствуют. Современные расчетные программные комплексы позволяют с достаточно высокой точностью определять НДС расчетных моделей как при статических, так и при динамических нагрузках. По результатам расчетов можно установить места концентрации напряжений, что позволит устранить их и принять наиболее эффективные конструктивные решения [6].

В численном эксперименте рассматривалась модель двутавровой сварной балки пролетом 3 метра с монтажным стыком по центру (рис.1). Это вызвано тем обстоятельством, что результаты численного моделирования будут сравниваться с результатами испытания натуральных балок. Вертикальная нагрузка также была приложена по центру балки, т.е. балка работает на поперечный изгиб.

Балка и элементы стыка были разбиты на 11383 объемных конечных элементов. В качестве расчетных характеристик материала балки были

приняты характеристики, соответствующие характеристикам стали С245 по ГОСТ 27772-88, фланец – сталь С245 толщиной 30 мм. Болты моделировались цилиндрическими элементами диаметром 24 мм с характеристиками материала, соответствующими стали 40Х «селект» ($R_{\text{вун}} = 1100 \text{ Н/мм}^2$, расчетное усилие натяжения болта $N_b = 0.9 \cdot 0.7 \cdot 1100 \cdot 3.53 = 245 \text{ кН}$). Усилие предварительного натяжения имитировалось двумя силами, направленными параллельно оси болта друг к другу и равными 250 кН каждая.

Сечение балки изображено на рис. 2. Подбор фланцевых элементов стыка выполнялся в соответствии с рекомендациями [7]. Подбор фрикционных элементов осуществлялся в соответствии с [8].

Для выполнения расчетов на усталостную прочность была использована расчетная зависимость «предельная амплитуда напряжений – число циклов» программного комплекса «ANSYS». Коэффициент асимметрии цикла напряжений был принят равным «0» (нагрузка - разгрузка), что имитирует работу разрезной подкрановой балки.

Сначала расчет был выполнен на образце с «коротким фланцем», – фланец не был доведен до нейтральной линии на 100 мм. Полученные поля распределения касательных напряжений показали, что в месте обрыва фланца находится зона концентрации напряжений, характеризующаяся коэф-

фициентом концентрации напряжений равным $k_T = 3,6$.

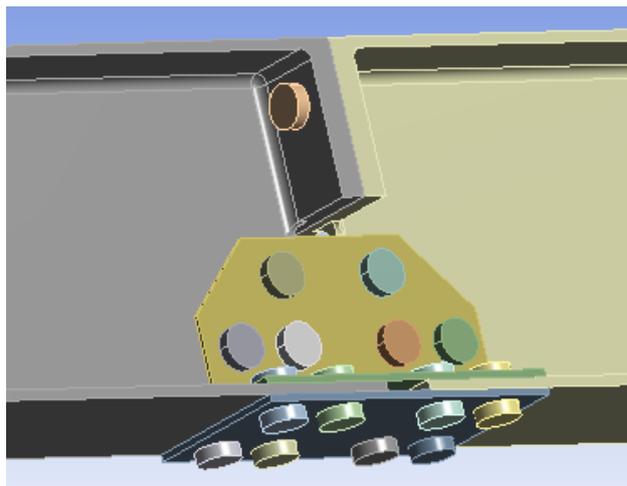


Рис. 1. - Модель фрикционно-фланцевого соединения

Также было обнаружено неравномерное распределение нормальных напряжений в нижней накладке фрикционно-фланцевого стыка, что приводит к появлению в указанном элементе напряжений превышающих предел текучести.

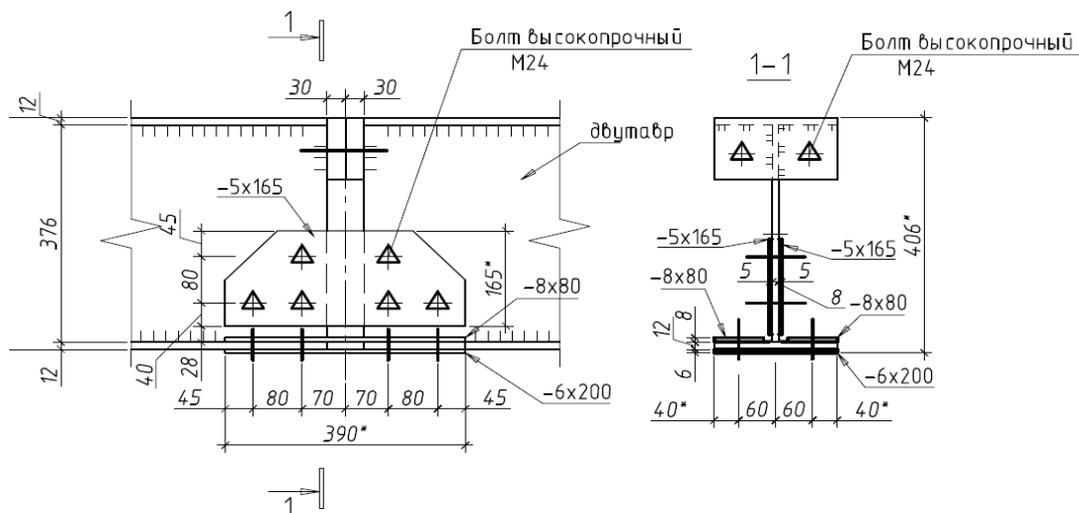


Рис. 2. - Поперечное сечение балки в зоне стыка

Теоритические расчеты напряжений в элементах фрикционно-фланцевого стыка выполнялись в соответствии с требованиями нормативных документов [7] и [8]. Сравнение результатов теоритических расчетов и численного моделирования приведены в таблице.

Из данных таблицы следует, что результаты численного моделирования показали достаточно хорошую сходимость с результатами теоритических расчетов в части распределения нормальных и касательных напряжений. Это свидетельствует о том, что расчетная модель стыка в программе «ANSYS» адекватна теоритической расчетной схеме и позволяет анализировать работу стыка в широком диапазоне конструктивных параметров.

Тридцатипроцентное нормальных напряжений в растянутой нижней накладке фрикционно-фланцевого соединения при теоритических расчетах и при численном моделировании объясняется фактически неравномерным распределением напряжений в нижней накладке, как по ее ширине, так и по толщине. Это связано с неравномерной передачей усилий с высокопрочных болтов на накладку, что не учитывается в теоритических расчетах. И если при статической нагрузке напряжения могут выравниваться посредством локальных пластических деформации, то при динамическом нагружении и высоком уровне напряжений наиболее нагруженные места накладки могут стать местом появления усталостных трещин.

Таблица- Сравнение результатов моделирование и теоретических расчётов

№ п/п.	Область измерения напряжений	Нормальные напряжения в накладке фрикционно-фланцевого соединения, МПа	Отклонение результатов моделирования от расчетных результатов	Нормальные напряжения во фланцевом соединении, МПа	Отклонение результатов моделирования от расчетных результатов
1	Верхний пояс в месте стыка	$\frac{-160}{-173}$	0,92	$\frac{-160}{-173}$	0,92
2	Нижний пояс в месте стыка	$\frac{220}{168}$	1,30	$\frac{149}{173}$	0,86
3	Высокопрочные болты (наружные болты растянутой зоны)	–	–	$\frac{434^*}{474}$	0,92

* (над чертой указаны результаты, полученные в ходе численного моделирования, под чертой показаны результаты полученные в процессе теоретических расчетов по существующим методикам)

Фрикционно-фланцевый стык имеет большую долговечность (50000 циклов по нижней накладке при амплитуде 145 МПа) по сравнению с фланцевым (20000 циклов по болтам при амплитуде 215 МПа). Для фрикционно-фланцевого стыка усталостная прочность может быть значительно увеличена конструктивными способами (увеличение толщины или длины накладок), которые позволят значительно уменьшить амплитуду напряжений.

По результатам численного моделирования в конструкцию стыка были внесены изменения, снижающие в нем концентрацию напряжений и повышающие его долговечность, а именно – увеличена длина фланца и увеличена толщина нижней накладки.

Результаты численного моделирования были учтены при расчете и изготовлении натуральных экспериментальных образцов.

Библиографический список

1. Коржук, Д.А. Анализ конструктивных решений и методов расчета монтажных стыков балок, воспринимающих циклические нагрузки / Д.А. Коржук // Наука ЮУрГУ: материалы 63-й научной конференции. Секция техн. наук. – 2011. – Т.1.– С.143-147.
2. Проектирование металлических конструкций: спец. курс; учеб. пособие для вузов /В.В. Бирюлев, И.И. Кошин, И.И. Крылов, А.В. Сильверстов. Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.

3. Гладштейн, Л.И. Усталостное разрушение высокопрочных болтов в строительных стальных конструкциях / Л.И.Гладштейн, Н.И.Кельберин, В.И.Мейтин и др.// Промышленное и гражданское строительство. – 2007. – № 12. – С.24-27.
4. Пат.№110396 Российская Федерация, МПК E04C 3/04. Монтажное соединение двутавровых балок/ В.Ф. Сабуров, Д.А. Коржук. – №2011127975/03; заявл.07.07.2011; опубл.20.11.2011, Бюл.№32. –1 с.
5. Каленов, В. В. Исследования и расчет усталостной прочности фланцевых соединений растянутых элементов конструкций / В. В. Каленов, А. Г.Соскин, В. В. Евдокимов // Болтовые и специальные монтажные соединения в стальных строительных конструкциях. Международный коллоквиум. – 1989. –Т.2 – С. 41-47.
6. Буланов, Л.В. Конструктивные приемы снижения концентрации напряжений в сталеразливочных стендах МНЛЗ / Л.В.Буланов, И.Ф.Волегов, В.С.Горлицын и др.// Сб.тр.конференции «Неделя металлов в Москве». – 2007. – №7. – С.228 – 234.
7. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций. – М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1989. – 53с.
8. СП 20.13330.2011. Свод правил Стальные конструкции (Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*): – М.: ОАО «ЦПП», 2010.–172 с.

УДК 624.012.04

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ INNOVATION IN CONSTRUCTION

Могильникова Д.С., аспирант

Уральский Государственный Университет путей сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург

Аннотация. Конструктивное решение перекрытия преследует цель – снизить вес перекрытия при соблюдении требований надежности. Основным приемом снижения веса перекрытия является уменьшение толщины плиты.

Abstract. Design of the ceiling is intended to reduce the weight of the slab subject to the requirements of reliability. The main reception floor weight loss is a decrease in the thickness of the slab.

Ключевые слова: строительство, сборно-монолитное перекрытие, плита перекрытия, ячейка перекрытия.

Keywords: construction, prefabricated monolithic slab, slab, the cell floor.

Рост цен на строительные материалы, вызванный снижением курса рубля, несомненно привел к увеличению себестоимости строительства зданий. Эта ситуация может негативно сказаться на рынке недвижимости. Именно поэтому на сегодняшний день актуальны инновации в строительстве, связанные с применением технологий, позволяющих экономить строительные материалы без снижения прочности и надёжности сооружений.

Проанализируем существующие технологии в строительстве, а именно в возведении перекрытий. Монолитное домостроение с использованием плоских безбалочных плит перекрытий достигло большого объема. Опыт проектирования и строительства последних лет показал, что при всех своих достоинствах дома из монолитного железобетона имеют повышенную материалоемкость. В первую очередь это относится к плоским перекрытиям каркасных зданий [1]. Толщина плоского безбалочного перекрытия при сетке колонн 6х6 м устоялась в пределах до 180-220 мм, а удельный расход достигает 200 кг/м³ и более.

Высокая затратность, низкая индустриальность и прочность монолитных плоских плит перекрытия подвигли научно-техническую общественность на поиски новых конструкций перекрытия, обеспечивающих экономию материалов, высокую индустриальность и надежность. Последним требованиям отвечают сборно-монолитные перекрытия. Уже созданы и реализованы в практике строительства системы «КБК» (конструкции безригельного каркаса), «Аркос» (Белоруссия), «Сарет» (Чебоксары), «Сочи» (Россия), «ИМС» (Югославия), «РСТ» (Болгария) [2, 3].

Каждая из отмеченных выше систем перекрытия обладает своими достоинствами и недостатками.

Известно монолитное плоское безбалочное бескапитальное перекрытие, опирающееся на колонны [4]. Недостатком такого перекрытия является повышенный расход материалов и необходимость укладки всего объема бетона перекрытия на строительной площадке.

Известно сборно-монолитное плоское безбалочное бескапитальное перекрытие, составленное из сборных плит с опиранием на колонны [5].

Недостатком этих перекрытий является ослабление надколенной плиты отверстием по оси колонны, то есть в месте, где усилия достигают максимального значения, что снижает прочность перекрытия, ограничивает нагрузку и пролет, который не превышает 6 м, то есть перекрытие не универсально, имеет ограниченное применение. Кроме того, стык колонн по высоте осуществляется с применением сварки, что усложняет монтаж конструкций.

Представляю некоторые разработки строительных конструкций, выполненные на строительном факультете Уральского государственного университета путей сообщения в рамках госбюджетных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

Сборно-монолитное перекрытие [6] позволяет повысить прочность и универсальность перекрытия и снизить расходы материалов. Указанные пре-

имущества достигаются тем, что надколенные участки перекрытия выполнены монолитными, а межколонные и центральный участки перекрытия выполнены из сборных элементов.

Сущность изобретения заключается в том, что надколенные участки ячейки перекрытия выполнены монолитными, а остальные участки – сборными, причем межколонные участки выполнены из одного или нескольких сборных элементов прямоугольной формы, а центральный участок выполнен из одного прямоугольного элемента или из четырех и более треугольных элементов, при этом все сборные элементы и участки ячейки перекрытия жестко скреплены друг с другом.

На рис.1 приведена схема ячейки перекрытия пролетом L до 6 м, включающая надколенные 1, межколонные 2 и центральный 3 участки. Надколенные участки 1 перекрытия выполнены монолитными, а межколонные 2 и центральный 3 участки – из сборных элементов. Габариты всех участков в этом случае не превышают 3 м, поэтому межколонные 2 и центральный 3 участки выполнены сборными, которые можно транспортировать на железнодорожных платформах.

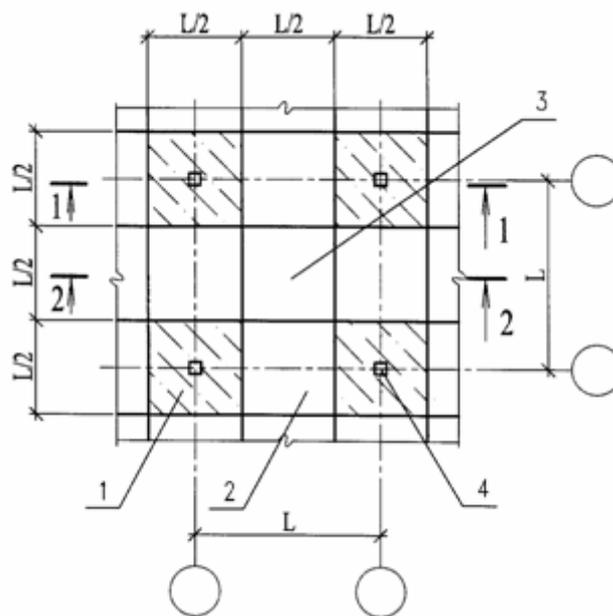


Рис. 1. - Ячейка сборно-монолитного перекрытия

С увеличением пролета ячейки перекрытия будет увеличиваться число сборных элементов межколонных 2 и центрального 3 участков с тем, чтобы обеспечить транспортный габарит сборных элементов. Таким образом, пролет ячейки перекрытия не ограничен.

Максимальные усилия возникают в надколенных участках ячейки перекрытия и значительно снижаются на остальных участках. В связи с этим участки ячейки перекрытия можно выполнить переменной толщины. Кроме того, сборные элементы ячейки перекрытия можно выполнить с пустотами. Все это значительно снизит вес перекрытия и уменьшит расход материалов.

Таким образом, предлагаемое плоское сборно-монолитное перекрытие проще в устройстве, более надежно и универсально, то есть, не ограни-

чен пролет ячейки перекрытия и нагрузки на него, пригоден для разных форм ячейки перекрытия и экономично, благодаря тому, что участки ячейки перекрытия можно выполнять или переменной толщины в соответствии с нагруженностью, или с пустотами. Соответственно, это позволит при широком применении снизить себестоимость строительства, уменьшить число замораживаемых строек из-за удорожания строительных материалов и снизить риски застройщиков.

Библиографический список

- 1 Потапов Ю.Б., Васильев В.П., Васильев А.В., Федоров И.В. Железобетонные перекрытия с плитой, опертой по контуру // Бетон и железобетон, 2008. - №4. – С. 2-6.
- 2 Семченков А.С. Обоснование регионально-адаптируемой индустриальной универсальной строительной

системы «РАДИУСС» // Бетон и железобетон. – 2008. - №5. – С. 2-4.

- 3 Гуров Е.П. Анализ и предложения по конструктивной надежности и безопасности сборно-монокристаллических перекрытий в каркасе серии Б1.020.1-7 (в системе «Аркос») // Бетон и железобетон. – 2012. - №5. – С. 16-18.
- 4 В.А. Клевцов, А.Н. Болгов. - Действительная работа узлов плоской безбалочной бескапитальной плиты перекрытия с колоннами при продавливании. - Бетон и железобетон, 2005, №3. - С.17-19
- 5 Пат. РФ RU 2374401 С.1, В.П. Зенина, М.П. Евглевский, С.В. Цыкин. «Здание». - Оpubл. 27.11.2008; патент на полезную модель RU 78501, В.Н. Зенина, М.П. Евглевский, С.В. Цыкин. «Безригельный каркас здания и узел соединения колонн». – Оpubл. 27.11.2008.
- 6 Патент РФ RU 2414566 С.1, Х.М. Ягофаров, А.Х. Ягофаров. «Сборно-монокристаллическое перекрытие». – Оpubл. 20.03.2011. Бюл. №8.

УДК 69.034.3

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ: СПЕЦИФИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES: SPECIFIC NATURE OF DESIGN

Кирпичев М.Е., магистрант

ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», г. Череповец

Аннотация. В данной статье будут рассмотрены основные требования к проектированию, современным строительным материалам, технике безопасности, к качеству проводимых работ, особенностям комплексного использования водных ресурсов на примере Волго-Балтийского судоходного канала.

Abstract. Within this article we will discuss the main requirements for the design, modern building materials, safety, the quality of the work, singularities of the complex use of water resources on the example of the Volga-Baltic shipping channel.

Ключевые слова: Гидротехнические сооружения, эксплуатация и развитие водных путей, классы капитальности, шпунтовое ограждение, гидробетон, система террамеш.

Keywords: Waterworks, operation and development of the waterways classes of capital, sheet piling, gidrobeton system terramesh.

Железнодорожный транспорт нашей страны работает с максимальной нагрузкой, а четверть дорог федерального значения систематически перегружена. Особое беспокойство вызывает состояние грузовых перевозок в России. Даже в тех странах, где автодорожная сеть хорошо развита, например, во Франции и Германии, около 10% грузов перевозят речным транспортом. В России, особенно в районах, где водный транспорт часто является единственным способом добраться до большой земли, речные грузоперевозки должны стать одним из приоритетных направлений развития транспортной сети. Дороги можно разгрузить благодаря более эффективному использованию водного транспорта.

В текущей ситуации вопросы проектирования и строительства гидротехнических сооружений получают все большую актуальность.

Волго-Балтийский судоходный канал - одна из важнейших водных магистралей, входящих в единую глубоководную систему внутренних водных путей Европейской части России. Это сложный комплекс инженерных объектов, включающий в себя 4896 километров эксплуатируемых водных путей, в том числе 2969 километров с гарантированными габаритами, 11 шлюзов с напором от 11 до 18 метров, три гидроэлектростанции, 25 земляных плотин и дамб, 12 паромных переправ, 9 мостовых переходов, 8 маяков в Ладожском озере,

более 4495 знаков судоходной обстановки, 243 единицы обслуживающего флота. Этот путь — звено единой глубоководной транспортной системы Европейской части России, обеспечившее соединение водных путей, выходящих к Балтийскому, Белому, Каспийскому, Чёрному и Азовскому морям.

Канал пересекает Балтийско-Каспийский водораздел и имеет два склона: северный (Балтийский) и южный (Каспийский). Северный склон канала крутой, а южный пологий. Верхний подходной канал шлюза №1 соединяется с Вытегорским водохранилищем. Затем следует Белоусовский гидроузел со шлюзом №2, Новинкинский гидроузел, включающий в себя шлюзы №3, №4, №5 и Пахомовский гидроузел со шлюзом №6, являющийся границей между северным и южными склонами Волго-Балтийского канала.

Водораздел преодолевается каналом длиной 39 км, который начинается от шлюза №6. Далее трасса канала проходит по реке Ковжа, Белому озеру и реке Шексна до Рыбинского водохранилища. На р. Шексна в 121 км от её истока расположен Шексинский гидроузел с параллельными шлюзами №7 и №8. Водораздельный бьеф расположен между шлюзами №6 и №7,8, вода в этом бьефе при установившемся стоке находится почти на одном уровне в течении всего года.

На северном склоне трасса пути совпадает с руслом р. Вытегра и проходит по водохранилищам, образованным гидроузлами. Водораздельный бьеф тянется от Пахомовского гидроузла на Вытегре до Череповецкого гидроузла на Шексне.

В пределах водораздельного канала берега местами оползают, что создаёт определённые трудности в поддержании гарантированных габаритов судового хода. Наиболее сложным в этом отношении является участок «глубокой выемки» в районе селения Александровское 836-831 км.

Течение на канале слабое и практического значения для судовождения не имеет, однако в период половодья могут возникать сильные свальные течения в устьях притоков и в подходных каналах шлюзов при опорожнении-наполнении камер шлюзов возникают сильные течения до 7,2 км/ч.

Судоходная трасса здесь проходит по водораздельному каналу длиной 40 км (от Пахомовского гидроузла до посёлка Анненский Мост), далее по р. Ковже, Белому озеру и Шексне. Трасса южного склона проходит по Шексне, находящейся в подпоре Рыбинского водохранилища.

Волго - Балтийский водный путь доступен для судов грузоподъёмностью до 5000 т, грузы перевозятся без перевалки. Суда идут прямо по озёрам (вместо движения по обходным каналам). Преобладают перевозки в самоходных грузовых судах; ведётся сквозная буксировка плотов. Резко возросла скорость перевозок (Череповец — Ленинград 2,5—3 сут. против 10—15 до реконструкции). Значительно вырос грузооборот Волго - Балтийского водного пути по сравнению со старой Мариинской системой; увеличился удельный вес смешанных железнодорожно-водных перевозок. Важнейшие грузы: с Кольского полуострова (через Кандалакшу) железорудный концентрат на Череповецкий металлургический комбинат; хибинский апатит, апатитовый концентрат, карельские гранит и диабаз в разные районы страны; лес и пиломатериалы из Архангельской и Вологодской областей на Юг, в Прибалтику, Санкт-Петербург и на экспорт; чёрный металл из Череповца, донецкий и кузнецкий уголь, уральский серный колчедан, соликамские калийные соли — для Северо-запада, Прибалтики и на экспорт; баскунчакская соль (особенно для Мурманска); зерно. В танкерах с Волги идут нефтегрузы для Северо-запада, Прибалтики и на экспорт. Через Санкт-Петербург на Волго - Балтийский водный путь поступают импортные грузы для разных районов страны.

В ходе строительства трассы выполнено более 81 млн. куб. м земляных работ, уложено 756 тыс. куб. м железобетона, 550 тыс. куб. м гравия и камня, 14 тыс. т металлических конструкций.

Большое количество гидротехнических сооружений на всей протяженности канала, особая специфика строительных технологий, труднодоступность, повышенные требования безопасности к организации строительных работ требуют постоянного контроля и высокой ответственности от обслуживающей компании.

ФБУ «Администрация «Волго-Балт» является территориальным органом государственного управления речным транспортом в системе министерства транспорта РФ и имеет в своем составе

восемь подразделений, которые поддерживают работоспособность Волго-Балтийского водного пути: Свирский, Вытегорский, Шекнинский районы гидросооружений и судоходства, Невско-Ладожский, Череповецкий, Новгородский и Гвардейский районы водных путей и судоходства, а также Басейновый узел связи.

Основными задачами ФБУ «Администрация «Волго-Балт» являются эксплуатация и развитие водных путей и гидротехнических сооружений; государственное регулирование деятельности речного транспорта по вопросам, отнесенным к компетенции государственных органов; обеспечение безопасности судоходства, экологической и пожарной безопасности; диспетчерское регулирование движения судов и проводка судов государственными лоцманами.

Строительство гидротехнического сооружения следует проектировать исходя из требований комплексного использования водных ресурсов. Необходимо учесть (провести необходимые изыскания) всю «карту» водной местности. При проектировании гидротехнических сооружений надлежит обеспечивать и предусматривать:

- надежность сооружений и требуемые условия их эксплуатации, а также условия для уменьшения неблагоприятного воздействия наносов, селей, льда, шуги и плавающих предметов;
- постоянные наблюдения за работой и состоянием сооружений и оборудования в периоды строительства и эксплуатации;
- надлежащее архитектурное оформление гидротехнических сооружений;
- охрану месторождений полезных ископаемых;
- пожарную безопасность и средства пожаротушения при строительстве и эксплуатации [2, с.45].

Обязательно специалисты учитывают места возведения сооружений, природные условия района, развитие и размещение отраслей городского хозяйства, водохозяйственный прогноз изменения гидрологического режима рек, заиления наносами и переформирования русла и берегов рек, водохранилищ и морей, затопления и подтопления территорий и инженерной защиты расположенных на них зданий и сооружений, изменение условий и задач судоходства, лесосплава, рыбного хозяйства, водоснабжения и работы мелиоративных систем.

Все гидротехнические сооружения по капитальности делятся на классы. В основном это касается промышленных объектов, однако пренебрегать требованиями не стоит и при строительстве малого гидротехнического сооружения. В зависимости от класса в проектах назначают степень надёжности, т. е. запасы их прочности и устойчивости, устанавливают расчётные максимальные расходы воды, качество стройматериалов и т.п. Кроме того, по классу капитальности гидротехнического сооружения определяется объём и состав изыскательских, проектных и исследовательских работ.

Характерные особенности гидротехнического сооружения связаны с воздействием на него водного потока, льда, наносов и других факторов. Это воздействие может быть:

- механическим (статические и гидродинамические нагрузки, суффозия грунтов и др.);

- физико-химическим (истирание поверхностей, коррозия металлов, выщелачивание бетона);
- биологическим (гниение деревянных конструкций, истачивание дерева живыми организмами и пр.) [2, с.135].

Для качественного возведения гидротехнических сооружений необходима широкая механизация строительных работ. Используются преимущественно монолитные и сборно-монолитные конструкции, реже сборные и типовые, что обуславливается различными неповторяющимися сочетаниями природных условий - топографических, геологических, гидрологических и гидрогеологических [2, с. 87].

Влияние гидротехнических сооружений, особенно водоподпорных, распространяется на обширную территорию, в пределах которой происходит затопление отдельных земельных площадей, подъём уровня грунтовых вод, обрушение берегов и т.п. Поэтому строительство таких сооружений требует высокого качества работ и обеспечения большой надёжности конструкций, так как аварии гидротехнических сооружений вызывают тяжёлые последствия - человеческие жертвы и потери материальных ценностей.

Использование при строительстве гидротехнических сооружений разных видов сложности и капитальности невозможно без использования современных материалов. Зачастую используют стальные шпунтовые сваи.

Шпунтовое ограждение - это сплошная шпунтовая стенка, образованная стальными сваями (шпунт типа «Ларсен», плоский шпунт, зетовый профиль, а также труба и двутавровые балки) методом вибропогружения, забивки или вдавливания [5, с. 24]. Шпунтовое ограждение служит водонепроницаемой преградой и удерживает грунт от обрушения при возведении конструкций. Ударный метод погружения шпунтовых свай применяется в различных грунтах, но существуют ограничения при работе в условиях плотной городской застройки. Вибропогружение шпунта осуществляется установками на базе экскаватора и плавучего крана, что позволяет производить работы в стесненных условиях (так как не требуется одновременная работа нескольких единиц техники). При использовании данного вибропогружателя (благодаря боковому захвату сваи) можно поднять, переместить по строительной площадке, погрузить или извлечь металлическую сваю (шпунт). Использование более мощных навесных погружателей позволяет вести работы в сложных грунтах, а также при устройстве шпунтовой стены с плавсредств.

Немаловажное значение имеет и бетон. Бетон, который используют при строительстве гидротехнических сооружений, называют гидробетон. У него особые характеристики. Материалы специальной группы являются высокопрочными с фиброполнителем. Они применяются:

- для выполнения ремонтных работ в короткие сроки (набор прочности за 3-6 часов - 20 МПа);
- для достижения высокой ранней прочности бетонных конструкций (30-35 МПа в возрасте 1 суток);
- для возведения конструкций из бетонов высокой прочности (не менее М600) [8, с. 46].

Защитные покрытия и конструкции, выполненные из этого бетона, не нуждаются в дополнительной гидроизоляции. Высокая прочность на сжатие, и благодаря фиброполнителю - на изгиб и растяжение, увеличенная прочность на разрыв (до 25 процентов) и повышенная безударность позволяют уменьшить толщину конструкций с сохранением их прочности.

В зимних условиях современными специалистами освоена технология подводного бетонирования с применением безусадочных быстротвердеющих бетонов с высокой степенью адгезии. Безусловными преимуществами данных типов бетона (например, сухих бетонных смесей наливного типа ЭМАКО) являются высокая ранняя прочность, высокая адгезия к бетону и металлоконструкциям, устойчивость к сульфатам, отсутствие усадок.

Бетонирование производится после тщательной кавитационной очистки и удаления ослабленного бетона и ржавчины.

Более того, для проведения работ в зимнее время появилось и еще одно новшество - воздушное устройство для прогрева бетонных откосных креплений. Это очень актуально для гидротехнического строительства. Воздушное устройство для прогрева бетонных откосных креплений в зимнее время включает в себя обогреватели бетона и термоизоляцию. Обогреватели бетона состоят из системы перфорированных трубок, параллельно уложенных на бетонную смесь на откосе дамбы. Система перфорированных трубок присоединена общим каналом к воздушному котлу с вентилятором и сверху покрыта полиэтиленовой пленкой. Размер отверстий перфорированных трубок и расстояния между ними по мере отдаления от места входа пара к концу могут увеличиваться для обеспечения равномерности прогрева откосного крепления по всей площади. В воздушный котел встроены винты для обеспечения винтообразного движения воздушного потока. Горячий воздух, подающийся в систему прогрева, вырабатывается в котле в результате кипения воды источником тепла. Обеспечивается равномерность нагревания бетона по всей площади, экономя энергоносители, и создается благоприятный температурно-влажностный режим для твердения бетона.

Одна из последних разработок при работе с грунтом, укреплении и эстетическом оформлении береговой линии - использование «системы террамеш». «Система террамеш» - система армирования грунта, состоящая из лицевой грани и армопанелей из сетки двойного кручения, укладываемых в тело отсыпаемой насыпи [5, с.31]. Имеет лицевую грань из габионов, заполненных камнем. Значительно улучшает механические свойства грунта обратной засыпки и изготавливаются только с дополнительным покрытием ПВХ. Заполнение камнем габионов, составляющих «системы террамеш», улучшает физические свойства грунта в месте установки модулей. Благодаря пористой структуре лицевой грани достигается высокая проницаемость сооружений для воды и воздуха, создаются идеальные условия для появления на них растительности.

Проектирование и строительство гидротехнических сооружений, несомненно, требует профессионального подхода. Первое преимущество профессионального подхода: использование совре-

менных материалов и технологий, применение которых дает экономичность в разы по сравнению с традиционными. Второе - строгое техническое сопровождение строительства со стороны профессионалов. Третье - использование в работе инновационных подходов.

Библиографический список

1. Гладков Г.Л.; Журавлев М.В., Москаль А.В., Гапеев А.М., Колосов М.А. Водные пути и гидротехнические сооружения. СПб.: СПГУВК, 2011. – С.241.
2. Гришанин К.В., Дегтярев В.В., Селезнев В.М. Водные пути. М.: Транспорт, 2006. – С.400.
3. Гришанин К.В., Сорокин Ю.И. Гидрология и водные изыскания. М.: Транспорт, 2002. – С.212.
4. Гришанин К.В. Теория руслового процесса. М.: Транспорт, 2002. – С. 215.
5. Журавлев М.В. Коренное улучшение затруднительного участка реки комплексом дноуглубительных и выправительных работ. СПб.: ГУМРФ, 2013. – С. 48.
6. Завьялов Ю. Л. Транспортная безопасность на внутреннем водном транспорте: анализ, проблемы, пути решения // Транспортная безопасность и технологии, 2007. – №4 – С.36 – 44.
7. Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 7 марта 2001 г. N 24-ФЗ
8. Михайлов А.В. Гидросооружения водных путей, портов и континентального шельфа. Часть I: Внутренние водные пути. М.: АСВ, 2004. – С. 448.
9. Мумладзе Р.Г., Гужина Г.Н., Быковская Н.В., Кузьмина А.А.. Управление водохозяйственными системами. М.: Кнорус, 2010. – с. 141.
10. Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках. СПб.: ЛИВТ, 1992. – С.312

УДК 624.131.389

ШТАМПОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА В ПРИГОРОДЕ ЧЕЛЯБИНСКА PLATE LOAD TESTS ON THE CONSTRUCTION SITE OF THE RESIDENTIAL DISTRICT IN THE SUBURBS OF CHELYABINSK CITY

Серебренникова Е.Н., старший преподаватель; Чертков А.Н., инженер

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. В настоящей работе приводятся параметры определения и корректировки важной деформационной характеристики грунта на разных этапах строительства, вызванные производственной необходимостью. Хотя, в соответствии с Российскими строительными нормами и правилами, модуль общей деформации грунта должен определяться как в лабораторных, так и в полевых условиях преимущественно на стадии инженерно-геологических изысканий.

Abstract. In this paper are presented the parameters of determining and adjusting the important deformation characteristics of soil at various stages of construction, due to operational needs. Although, in accordance with Russian building regulations, the total deformation modulus of soil should be determined in laboratory and field conditions mostly during the engineering-geological surveys.

Ключевые слова: штамповые испытания грунтов, модуль общей деформации грунта, насыпной техногенный крупнообломочный грунт, жесткий плоский круглый штамп

Keywords: plate load tests of soil, the total deformation modulus, fill manufactured crushed rock ground, a solid flat circular stamp

Введение

В настоящей работе приводятся данные по определению важной деформационной характеристики грунта, в частности модуля его деформации, который используется для расчета осадки, относительной неравномерности осадки и крена зданий и сооружений.

В соответствии с Российскими [1] строительными нормами и правилами, модуль деформации грунта должен определяться как в лабораторных, так и в полевых условиях на стадии инженерно-геологических изысканий. К сожалению, данные рекомендации не всегда выполняются на стадии изысканий и проектирования. Иногда возникает необходимость в их осуществлении на стадии Государственной экспертизы проекта и даже строительства новых зданий.

Подобная ситуация описывается в данной работе на примере необходимости корректировки значения модуля деформации на стадии строительства жилого дома в пригороде города Челябинска – столицы Южного Урала.

Значения величины модуля деформации грунта при разных способах его определения

Территория строительства жилого микрорайона в геоморфологическом отношении приурочена к водораздельному пространству и спланирована и отсыпана техногенным крупнообломочным грунтом.

В инженерно-геологическом отчете было указано о невозможности проведения статического зондирования и прессиометрических испытаний из-за наличия многочисленных включений крупнообломочных фракций в грунте. Поэтому инженеры-геологи приняли модуль деформации этого грунта, равным $E=34$ МПа по [2] без испытаний.

В соответствии с методикой [2], нормативное значение модуля деформации крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем определяется по формуле:

$$E = k_z k_p E_1 \quad (1)$$

где E_1 – нормативное значение модуля деформации для грунтов, содержащих очень прочные обломки;

k_E – коэффициент, учитывающий прочность крупных обломков;

k_p – коэффициент, учитывающий плотность грунта.

При этом для определения величины k_E необходимо получить коэффициент истираемости крупнообломочного грунта путем испытания в полочном барабане по формуле [3]:

$$K_{fr} = q_1/q_0 \quad 2)$$

где K_{fr} – коэффициент истираемости крупнообломочного грунта;

q_1 – масса частиц размером менее 2 мм после испытания крупнообломочных фракций грунта (частицы размером более 2 мм) на истирание в полочном барабане;

q_0 – начальная масса пробы крупнообломочных фракций (до испытания на истирание).

Данные испытания также не проводились геологами, так как в отчете об инженерно-геологических изысканиях не был указан этот коэффициент.

Кроме того, в процессе проектирования жилого дома, потребовалось изменение его привязки к местности. В результате чего геологические скважины №№ 10731, 10733 и 10734 оказались за пределами контура здания (рисунок 1).

В связи с вышеизложенным, возникла необходимость в проведении штамповых испытаний на площадке строительства, которые проводились после отрывки котлована до отметки подошвы плитного фундамента.

Было назначено четыре точки испытаний в пределах 4-й и 5-й секций 12-ти этажной части дома в осях Д–Е/(6-7)–(8-9), две из которых совпадают с расположением скважин №№ 7775 и 10732, представленных на рисунке 1.

Толща грунтов по скважине № 10732 представлена насыпным техногенным крупнообломочным грунтом толщиной 1,1 м, далее находится линза почвы 0,2 м, затем суглинок элювиальный твердой и полутвердой консистенции с включениями дресвы мощностью 0,7 м, ниже расположено гнездо щебенистого элювиального грунта с суглинистым заполнителем глубиной 4 м, подстилающий слой представлен сланцем оттрелитовым серым средней прочности.

Толща грунтов по скважине № 7775 представлена насыпным техногенным крупнообломочным грунтом толщиной 2 м, далее находится суглинок элювиальный твердой и полутвердой консистенции с включениями дресвы мощностью 5,0 м, подстилающий слой представлен сланцем оттрелитовым серым малопрочным.

Толщина исследуемого слоя насыпного техногенного крупнообломочного грунта от дна котлована до кровли подстилающего слоя составляла около 1 м в местах расположения точек испытания Ш-2 и Ш-4.

Перед проведением испытания во вскрытом котловане в местах расположения точек Ш-1 и Ш-3 был обнаружен суглинок с включениями биогенного грунта. Были взяты пробы данного грунта для определения его физико-механических характеристик и проведения компрессионных испытаний для определения модуля деформации в лабораторных условиях.

Испытание проводилось по ГОСТ 20276–99 [4], жестким плоским круглым штампом площадью 600 см², который устанавливался на песчаную подготовку толщиной не более 5 см, после поверхностного уплотнения грунта виброкатком. При этом толщина исследуемого слоя грунта от дна котлована до кровли подстилающего слоя составляла не более 1 м.

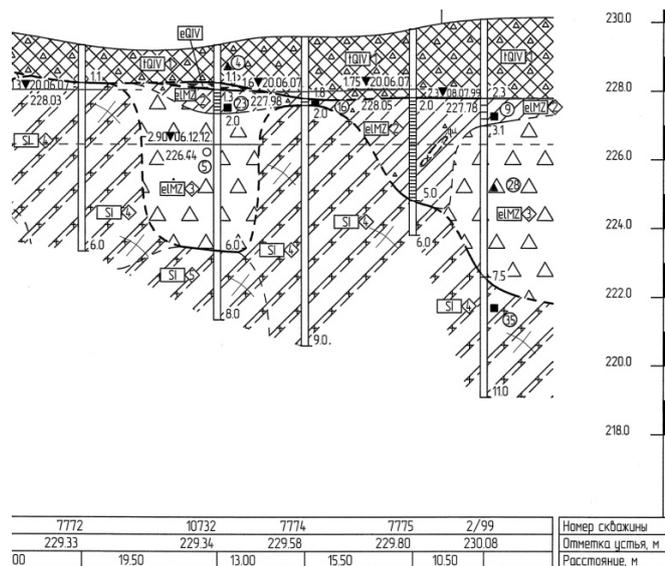
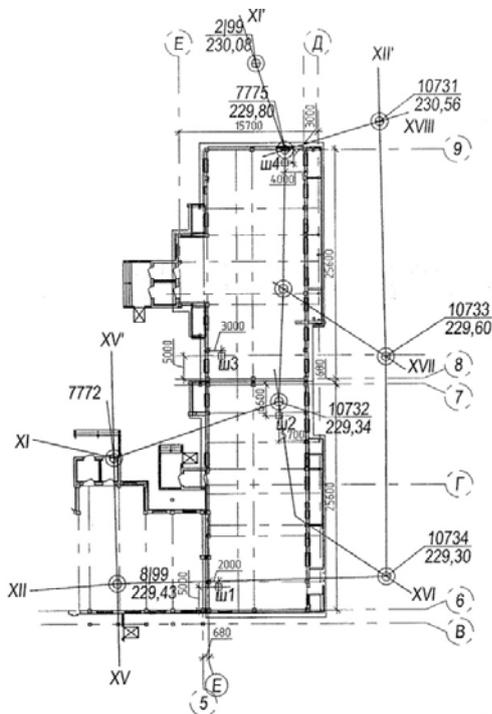


Рис. 1. - Схема расположения точек испытаний и инженерно-геологический разрез по скважинам

Нагрузка передавалась гидравлическим домкратом ДГ-30 ступенями по 0,1 МПа (1 кгс/см²) до 0,40 МПа (4,0 кгс/см²).

Первая ступень была принята для предварительного уплотнения грунта с учетом бытового давления $\sigma_{zg,0}$ на уровне подошвы фундаментной

плиты и весом деталей штампа и составила 0,1 МПа (1,0 кгс/см²). Усилие на штамп измерялось манометром жидкостным.

За критерий условной стабилизации осадки принималась скорость осадки штампа $\leq 0,1$ мм за 30 мин для точек Ш-2 и Ш-4 и за 60 мин для точек Ш-1, Ш-3.

Деформация основания под штампом измерялась прогибомерами на базе индикатора ИЧ-10, с учетом показаний контрольного прогибомера (всего 4-ре прибора, закрепленных на реперной

системе). Отсчеты по приборам определялись через каждые 10 мин в первые 30 мин после загрузки соответствующей ступенью нагрузки, через каждые 15 мин – вторые 30 мин, далее через 30 мин для точек Ш-2 и Ш-4; через каждые 15 мин в первые 60 мин после загрузки соответствующей ступенью нагрузки, через каждые 30 мин – вторые 60 мин, далее через 60 мин для точек Ш-1, Ш-3.

Реактивное усилие при испытании передавалось на раму катка. Общий вид установки показан на фото 1.



Фото 1. Общий вид установки приборов и оборудования для испытаний

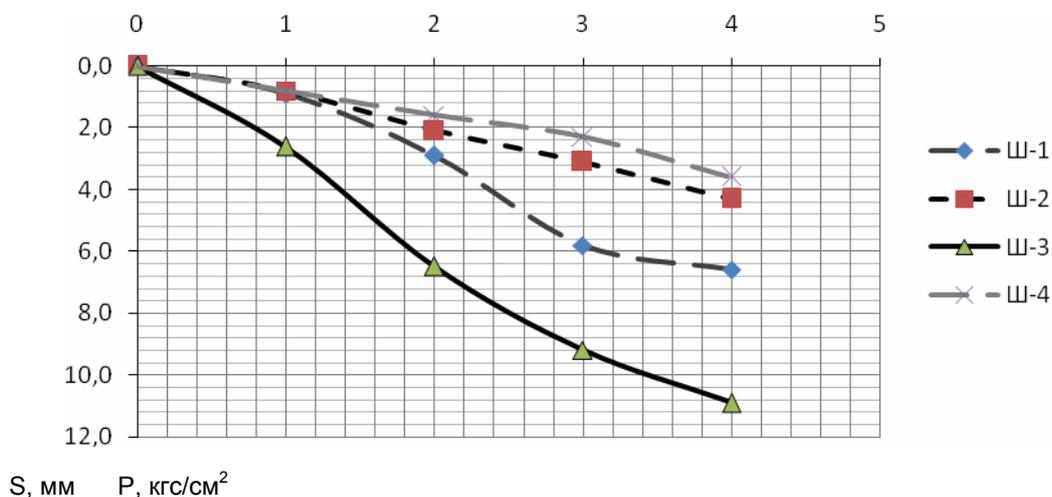


Рис. 2. - График зависимости осадки от давления $S=f(P)$

Результаты испытаний заносились в таблицы. По таблицам результатов испытания были построены графики зависимости осадки штампа от давления $S=f(p)$, представленные на рисунке 2.

По результатам испытания был определен модуль деформации грунта под подошвой штампа по прямой ветви загрузки в диапазоне нагрузок 1,0 – 4,0 кгс/см² по формуле 5.2 ГОСТ 20276-99 [4]:

$$E = (1 - \nu)^2 K_p K_1 D \Delta P / \Delta S \quad (3)$$

где ν - коэффициент Пуассона, принимаемый равным для крупнообломочных грунтов, $\nu=0,27$ и для суглинков $\nu=0,35$;

K_p – коэффициент, принимаемый равным 1 при испытаниях грунтов штампами в котлованах, $K_p=1$;

K_1 – коэффициент, принимаемый равным 0,79 для жесткого круглого штампа, $K_1=0,79$;

D – диаметр штампа, $D=27,65$ см;

ΔP – приращение давления на штамп, МПа, равное $p_n - p_0$, $\Delta P=0,3$ МПа;

ΔS – приращение осадки штампа, соответствующее ΔP , см, определяемое по осредняющей прямой.

Значения модуля деформации по результатам расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчета модуля деформации

Наименование характеристики	Номера опытов			
	Ш-1	Ш-2	Ш-3	Ш-4
Модуль деформации E, МПа (кгс/см ²)	10,658 (106,58)	17,35 (173,5)	6,93 (69,3)	21,698 (216,98)

Согласно ГОСТ [4], значение модулей деформации принимается с точностью до 1,0 МПа (10 кгс/см²) при E>10МПа (100 кгс/см²) и 0,5 МПа (5 кгс/см²) при E от 2,0 до 10,0 МПа (от 20,0 до 100,0 кгс/см²).

Вдоль оси Д жилого дома фактический модуль деформации насыпного техногенного крупнообломочного грунта варьировался от E=17 МПа (170 кгс/см²) до E=22 МПа (220 кгс/см²), вдоль оси Е жилого модуль деформации суглинка с включениями биогенного грунта варьировался от E=7,0 МПа (70 кгс/см²) до E=11,0 МПа (110 кгс/см²), вместо принятого инженерами-геологами по [2] E=34 МПа.

По результатам контрольных компрессионных испытаний в лаборатории, модуль деформации суглинка составил 6,0 МПа в точке Ш-3 и 10,0 МПа в точке Ш-1, что указывает на сходимости значений, полученных также при штамповых испытаниях.

Заключение

В результате испытаний было установлено существенное расхождение значений модуля деформации грунта основания фундаментной плиты по сравнению с принятым в проекте на основании инженерно-геологического отчета. Это вызвало необходимость применения срочных дорогостоящих конструктивных мер на стадии строительства. В данном случае необходимо проведение геотех-

нического мониторинга на стадиях возведения и эксплуатации объекта для наблюдения за его перемещениями и своевременного применения комплекса мероприятий по стабилизации чрезмерных неравномерных деформаций основания.

Библиографический список

1. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Техэксперт: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. <http://docs.cntd.ru/document/1200084710>
2. Нормативно-производственное издание ДальНИИС Госстроя СССР. Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями. – М.: Стройиздат, 1989. – 25 с.
3. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – Техэксперт: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. <http://docs.cntd.ru/document/gost-25100-2011>
4. ГОСТ 20276-99. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости. – Техэксперт: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. <http://docs.cntd.ru/document/1200005628>

УДК 624.21

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МОНИТОРИНГЕ МОСТОВ GENERAL INFORMATION ABOUT MONITORING OF BRIDGES

Черных В.К., аспирант, Нестерова Д.Н., студентка

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Аннотация. В статье освещены общие вопросы о мониторинге транспортных сооружений: определение, состав, этапы, алгоритмы, задачи, особенности мобильно-измерительного комплекса (МИК), даны схемы и сделаны выводы.

Abstract. The article deals with general questions about the monitoring of transport facilities: definition, composition, steps, algorithms, tasks, especially mobile measurement system, given the scheme and draw conclusions.

Ключевые слова: мониторинг, диагностика, контроль, нагрузки, прочность, грузоподъемность, агрессивная среда, мобильный измерительный комплекс.

Keywords: monitoring, diagnostics, control, load, strength, capacity, aggressive environment, mobile measurement system.

Мостовые сооружения в современном мире являются неотъемлемой частью прогресса и повседневной жизни. Соединяя труднодоступные участки, формируя общую дорожную сеть, они играют ключевую роль в нашей жизни. Но чаще всего, во время эксплуатации, на них оказывается колоссальное воздействие от нагрузок и окружающей

среды. В окружающей среде находится огромное множество агрессивных компонентов, таких как антиобледенительные соли, загазованная атмосфера, морская вода и т.д.[1] Ежегодное замораживание и оттаивание также пагубно сказывается на характеристиках конструкции. В связи с этим, необходимо иметь полное представление о еже-

дневной работе конструкции для того, чтобы обеспечить своевременный и разумный ремонт, и не доводить дело до серьезных экономических затрат, и тем более, до катастроф.

Помочь «отследить» такую работу конструкции помогает мониторинг сооружений. В статье [2] приводится определение: «мониторингом транспортных сооружений называется контроль состояния сооружения с применением специальных технических средств, размещаемых на конструкциях сооружения с целью получения необходимой информации для надёжности его дальнейшей эксплуатации». Мониторинг технического состояния является наиболее перспективным методом повышения безопасности эксплуатации сооружений, сводя к минимуму возможность их внезапного обрушения или повреждения. Также мониторинг позволяет оптимизировать расход средств на эксплуатацию и ремонт сооружений. Он включает:

- предупреждение негативных изменений объекта на этапах проектирования, изготовления, эксплуатации;
- диагностику – т.е. прогнозирование служебных свойств и живучести объекта (прочность, остаточный ресурс, грузоподъёмность); систему наблюдения и оценку изменения состояния объекта.
- устранение последствий негативных изменений объекта (ремонт, замена);
- разработку мероприятий по управлению (изменению) состояния объекта.

Помимо получения информации о состоянии сооружения, мониторинг дает возможность улавливать характер изменения данного состояния со временем, чтобы вовремя применять рациональные ремонтно-профилактические меры и обеспечивать надёжное выполнение объектом своего функционального назначения [3].

Алгоритм мониторинга транспортных сооружений базируется на двух основных задачах:

1. Установление характерных внешних воздействий на сооружение.
2. Оценка способности сооружения сопротивляться этим воздействиям в определённой среде эксплуатации.

Сопротивление сооружения разрушению определяется 3-мя основными факторами:

- Свойствами материала сооружения;
- Напряжённо-деформированным состоянием элементов сооружения;
- Воздействием окружающей эксплуатационной среды.

Все эти факторы в технологическом и эксплуатационном периодах жизненного цикла сооружения изменяются с течением времени, влияя друг на друга.

Свойства материала, определяющие сопротивление конструкции разрушению, зависят от исходных параметров материала, их изменения под влиянием технологической обработки в процессе изготовления конструкции из них (бетонирование, сварка) и изменения в процессе эксплуатации.

Напряжённо-деформированное состояние сооружения определяется эксплуатационными нагрузками, рассчитываемыми при проектировании и

с учётом отклонений, вызванных технологическими и эксплуатационными причинами.

Воздействие эксплуатационной среды определяется её свойствами, характеризующими влияние внешних факторов, таких как климатическое воздействие, агрессивная атмосфера, воздействие воды и льда, свойства грунтов и т.д. Степень влияния среды зависит от технологических факторов, обеспечивающих условные контакты конструкции с элементами эксплуатационной среды [4].

Мониторинг должен быть организован на всех этапах сооружения объекта:

- на этапе проектирования он включает обоснование выбора места строительства, конструктивную схему, выбор материалов, правильных конструктивных решений, расчёт напряженно-деформированного состояния, выбор средств защиты от агрессивного воздействия среды эксплуатации;
- на этапе изготовления сооружения он включает соблюдение проектного решения по технологии сооружения и монтажа;
- на этапе эксплуатации производится диагностика состояния сооружения, оценка грузоподъёмности и остаточного ресурса, а также принятие и осуществление рекомендаций по ремонту, реконструкции или демонтажу сооружения.

В современном мире постоянный мониторинг применяется нечасто и только в тех случаях, когда:

- есть вероятность ударных (внезапных) нагрузок вследствие прохождения грузов сверх нормы либо по сейсмическим причинам;
- сооружение быстро деградирует, но не выявлены причины этой деградации;
- необходима фиксация момента отказа каких-либо элементов, которые обеспечивают защиту транспортного сооружения (например, деформационного шва), или дефекты превышают допустимые значения (например, раскрытие трещины);
- необходимо получить информацию для исследовательских целей.

На сегодняшний день известно множество уникальных систем мониторинга. Их уникальность объясняется, в первую очередь, тем, что:

- оборудование весьма дорогое и сложное в установке, в некоторых случаях установку можно выполнить лишь в процессе возведения объекта (например, система постоянного мониторинга сооружений SOFO);
- затруднительно обрабатывать большие объёмы информации, которая поступает бесперебойно;

Расширению области применения мониторинга транспортных сооружений способствует долгосрочный мониторинг с применением мобильного измерительного комплекса (МИК), который разработан и испытан Системой Управления Эксплуатацией Мостовых Сооружений (СУЭМ) [5].

МИК включает в себя приборы многократного использования, не требующие сложных монтажных работ и применяющиеся на разных типах сооружений, даже круглый год или в условиях холодного климата. МИК оснащён специальной методи-

кой обработки больших объёмов информации и быстро находит изменение необходимых величин и прогнозирует состояние сооружения.

Основа МИКа - технология бесперебойного измерения и записи физических параметров. Основное звено - информационный накопитель (ИН), который выполняет опрос датчиков и определяет концентрацию результата измерений в своей памяти для будущего анализа. Очевидно, что датчики и ИН обязаны быть надежными и живучими, чтобы обеспечить их бесперебойное функционирование в окружающей эксплуатационной среде.

Данные приборы применимы для решения всевозможных задач при измерении:

- силовых параметров: усилий, давления, напряжений;
- кинематических параметров: углов поворота, перемещений, ускорений, скоростей, деформаций;
- климатических параметров: влажность, скорость и направление ветра, температура;
- электрических параметров: напряжение, ток.

На основании вышеперечисленного можно с уверенностью сказать, что использование мобильного измерительного комплекса позволяет существенно расширить область применения технологии инструментального долговременного мониторинга транспортных сооружений [6].

В настоящее время на этапе развития российского общества и экономики растут темпы строительства транспортных сооружений, причем каждый год с повышением сложности возводимых объектов. Большинство таких объектов строится в сложных условиях. В связи с этим необходимо разрабатывать такие проекты, которые могли бы гарантировать безопасность, надёжность, долговечность строящихся объектов.

Безусловно, важно контролировать техническое состояние объектов и на этапе строительства, и на этапе эксплуатации. Это помогает предупредить появление каких-либо отклонений, дефектов и аварийных ситуаций, установить степень соответствия нормативам прочности сооружения, жёсткости, устойчивости. Понятно, что такой контроль должен происходить систематически.

Мониторинг транспортных сооружений прочно вошел в строительную и эксплуатационную практику развитых стран. Он набирает популярность и в России, т.к. актуален для многих объектов транспортного строительства. Это и тоннели, и дороги, и большепролётные, и внеклассные мосты. Различные методы контроля сооружений дают возможность целесообразно производить диагностику конструкций при сооружении котлованов, возведении опор, пролётных строений, реконструкции старых сооружений, строительстве тоннелей и др.

Немаловажной в современном мире является задача оптимальной эксплуатации сооружений, срок службы которых составляет в среднем до 80 лет [7,8]. Оптимальная эксплуатация заключается в своевременном ремонте. Имели место случаи, когда проводились ремонтные работы одних конструкций, в то время как другие простаивали и подвергались риску обрушения. Благодаря мониторин-

гу, можно проводить ремонт или реконструкцию именно в необходимый период с целью грамотного использования денежных средств.

Поэтому актуально разрабатывать инновационные системы и методы мониторинга. Поспособствовать повсеместному его внедрению и перспективному развитию может создание единых баз данных по нагрузкам на сооружения, по материалам и их свойствам с учётом региональных условий, по изменению свойств материалов в процессе изготовления и эксплуатации, по оценке напряженно-деформационных состояний, живучести, накоплениям дефектов.

Стоит отметить, что проектировать систему мониторинга нужно еще на стадии расчета сооружения [9], для того, чтобы в дальнейшем не возникало никаких проблем с установкой измерительного комплекса и т.д. Правильная эксплуатация сооружения поможет предотвратить в дальнейшем экономические проблемы и чрезвычайные происшествия.

Библиографический список

1. Раткин В.В. Разрушительное действие хлоридсодержащей среды на примере обследования железобетонного моста в Новгородской области / В.В. Раткин, В.К. Черных, А.А. Тарасов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); <http://www.trts.esrae.ru/15-62>
2. Черных В.К. Особенности мониторинга мостовых сооружений области / В.К. Черных, Д.Н. Нестерова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); <http://www.trts.esrae.ru/15-63>
3. Овчинников И.Г. Прочностной мониторинг мостовых сооружений / И.Г. Овчинников // Автомобильные дороги. – 1995. - № 7-8.
4. Овчинников И.Г. Прочностной мониторинг инженерных конструкций / И.Г. Овчинников // Архитектура и строительство Беларуси. – 1994. - №5-6.
5. Екимов В. К. Первый опыт стандартной инспекции мостов / В.Н. Федосеев, Ю.А. Енютин, Г.С. Бродский, И.М. Сапронов // Наука и техника в дорожном строительстве. – 2007. - №1.
6. Овчинников И.Г., Разработка ЭС проектирования и оценки эксплуатационного состояния мостовых конструкций / И.Г. Овчинников // Автомобильные дороги. – 1993. - № 10.
7. Овчинников И.И. Обеспечение сохранности малых и средних мостов с металлическими пролетными строениями / И.И. Овчинников, М.Ю. Мионов, И.Г. Овчинников, Г.В. Снегирев, В.К. Черных, О.Ю. Моисеев // Интернет-журнал «Науковедение». – 2013. - №5 (18); <http://naukovedenie.ru/PDF/112tvn513.pdf>
8. Черных В.К. Обеспечение сохранности пролетных строений мостов из старогонных труб / В.К. Черных, И.Г. Овчинников // Материалы XIV Международной научной конференции «Новые идеи нового века». - Хабаровск: издательство ТОГУ, 2014. – С.411-414.
9. Черных В.К. Использование гофрированного металлического листа при строительстве водопропускных труб и малых мостов / В.К. Черных, Л.В. Козырева // Материалы XIII Международной научной конференции «Новые идеи нового века». Том 2. - Хабаровск: издательство ТОГУ, 2013. – С.478-482.

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ НА СВОЙСТВА БЕТОНА INFLUENCE CHLORIDE ON THE PROPERTIES OF CONCRETE

Раткин В.В., к.т.н., доцент, Черных В.К., аспирант

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Аннотация. В статье рассмотрены основные причины возникновения хлоридной коррозии, её влияние на свойства бетона. На примере испытаний бетонных образцов выявлены результаты воздействия хлоридов на материал.

Abstract. The article describes the main causes of chloride-induced corrosion, its effect on the properties of concrete. On the example of testing concrete samples revealed the results of the impact of chlorides on the material.

Ключевые слова: бетон, арматура, железобетон, коррозия, хлориды, хлоридсодержащая среда, разрушение.

Keywords: concrete, reinforcement, corrosion, chloride, chloride-containing environments, destruction.

На сегодняшний день, бетон является одним из самых широко используемых строительных материалов в различных сферах строительства (промышленное, гражданское строительство, транспортное строительство, гидротехнические сооружения и др.) К его достоинствам можно отнести универсальность, благодаря многообразию свойств, которых можно добиться, меняя его состав при помощи различных добавок. Также огромное достоинство состоит в том, что бетон имеет свойство набирать прочность со временем. Но, к сожалению, также имеют место и недостатки. Один из них - низкая коррозионная стойкость [1].

В транспортном строительстве одна из самых распространенных явлений - хлоридная коррозия. Это процесс проникания ионов хлора в поры бетона, которые снижают пассивирующие свойства бетона к арматуре, тем самым вызывая её коррозию. В свою очередь, стальная арматура окисляется, увеличивается в объеме и происходит постепенное разрушение конструктивного материала.

Возникнуть хлоридная коррозия может в случае применения противогололедных смесей (в транспортном строительстве), при эксплуатации сооружений в морской среде. Также хлориды в бетоне могут содержаться изначально в результате применения загрязненных материалов на стадии производства.

Далее рассмотрим два случая влияния хлоридсодержащей среды на механические характеристики материала [2]. В первом случае в качестве

агрессивной среды был принят 1%-ный раствор соляной кислоты HCl, показатель pH=0,56, концентрация ионов хлора 10,09 г/л [3]. Было изготовлено 4 образца, различающихся в зависимости от контакта с внешней окружающей средой:

- всестороннее воздействие раствора соляной кислоты;
- воздействие раствора соляной кислоты со стороны растянутой и сжатой зон сечения;
- воздействие раствора соляной кислоты только на сжатую часть сечения;
- образец, хранимый в нормальных термо-влажностных условиях.

Образцы в агрессивный раствор погружались полностью, концентрация раствора соляной кислоты поддерживалась неизменной и постоянно контролировалась. Через 28 суток (затем через 180, 360, 540 и 720) проводились испытания.

Испытания бетонных кубов и призм показали, что при длительном воздействии жидкой хлоридсодержащей среды вследствие диффузии агрессивных реагентов происходит изменение свойств бетона. Средние опытные значения кубиковой и призмочной прочности, начального модуля упругости и глубины нейтрализации бетона для каждого временного этапа воздействия хлоридсодержащей среды приведены в табл. 1 (где R_c - кубиковая прочность бетона; R_b - призмочная прочность бетона; E_b - модуль упругости бетона; $L_{хл}$ - глубина проникания хлоридов в бетон).

Таблица 1 - изменение свойств бетона в 1%-ном растворе HCl

Среда	Время, сут	R_c , МПа	R_b , МПа	E_b , МПа	$L_{хл}$, см
Воздух	28	40,2	33,4	35500	0,00
1 %-ный раствор HCl	180	42,4	35,7	34100	0,90
	360	37,3	32,4	31900	1,40
	540	34,2	30,7	30600	1,85
	720	33,6	29,5	28200	2,30

На рисунке 1 показаны результаты испытаний образцов бетона на сжатие в растворах HCl: а - 1%; б - 2%; в - 5%; + - по данным [3]; □ - по данным [4]; ▲ - по данным [5]; ○ - по данным [6] (экспериментальные точки помечены крестиками).

Во втором случае [7] рассмотрим действие раствора NaCl на 5 различных образцов цементно-песчаных растворов различного состава. Все испытания проведены при двух значениях подвижности растворной смеси, определяемой распылом

на встряхивающемся столике: 125-130 и 150-160 мм. После предварительного твердения в течение 28 суток во влажной среде образцы испытывали при следующих условиях: сначала их погружали на сутки (одну серию в воду, вторую - в 10%-ный раствор поваренной соли), затем образцы вынимали из раствора и сушили одни сутки при температуре около 40°C, обдувая воздухом. Периодически образцы взвешивали, а после 100, 200 и 400 циклов испытывали на прочность при сжатии и изгибе.

После 100 циклов попеременного увлажнения и высушивания прочность образцов почти не изменилась. Но после 200, и особенно 400 циклов, прочность образцов заметно снизилась. В результате экспериментов выяснилось, что многократное насыщение в растворах NaCl и высушивание образцов приводит к более интенсивному их разрушению, чем такое же испытание в воде. Снижение прочности цементного камня после 400 циклов увлажнения и высушивания в растворе NaCl достигает 30%.

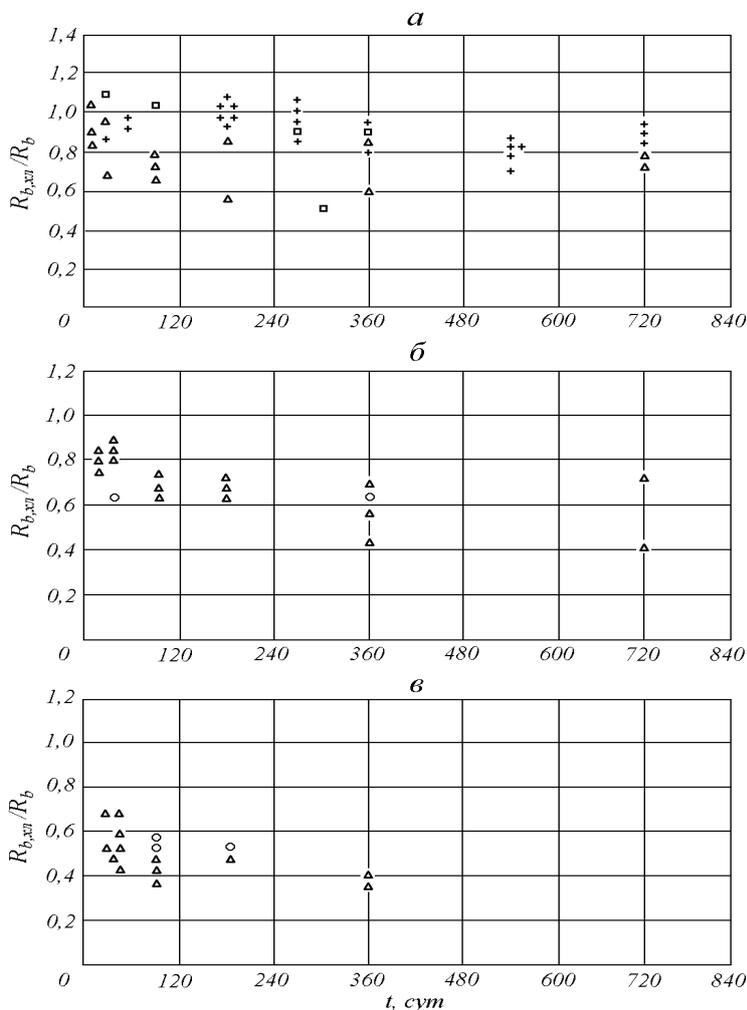


Рис. 1 - Результаты испытаний образцов бетона на сжатие в растворах HCl:
а - 1%; б - 2%; в - 5%;

Изменение прочности на сжатие образцов из цементного раствора после многократного насыщения и высушивания в течение одного года представлено в таблице.

Таблица 2 - Изменение прочности на сжатие образцов из цементного раствора после многократного насыщения и высушивания в течение одного года

Тонкость помола цемента и состав раствора	Относительная прочность на сжатие, %			
	в воде, после цикла		в 10% р-ре NaCl, после цикла	
	200	400	200	400
Средний состав	97,3	89,0	79,2	71,3
Состав на цементе «грубого» помола	-	-	-	73,5
Составы на цементах «тонкого» помола: среднее	-	-	-	69
1:2	-	-	-	75
1:2,5	-	-	-	73
1:3	-	-	-	63,4

Таким образом, на основе испытаний (а также реальных примеров эксплуатации), можно сделать неутешительные выводы о вреде хлоридной коррозии, о её сильном влиянии на механические свойства конструктивного материала. Исходя из этого, становится понятным, что защиту от коррозии нужно предусматривать ещё на стадии проектирования конструкции [8,9]. Положительный эффект имеет применение мобильно-измерительного комплекса [10], как системы мониторинга объекта, что поможет предотвратить разрушения от хлоридной коррозии, правильно предсказать сроки ремонта [11].

Библиографический список

1. Раткин В.В. Разрушительное действие хлоридсодержащей среды на примере обследования железобетонного моста в Новгородской области / В.В. Раткин, В.К. Черных, А.А. Тарасов // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); <http://www.trts.esrae.ru/15-62>.
2. Овчинников И.Г. Работоспособность сталежелезобетонных элементов конструкций в условиях воздействия хлоридсодержащих сред / И.Г. Овчинников, В.В. Раткин, Р.Б. Гарибов. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2002.
3. Работоспособность железобетонных конструкций, подверженных коррозии: монография / А.И. Попеско и др. – СПб: СПб гос. архит.- строит. ун-т, 1996.
4. Атакузиев Т.А. Изучение кислотной коррозии цементов: дис. ... канд. техн. наук / Т.А. Атакузиев. - Ташкент, 1964.
5. Минас А.И. Солевая форма физической коррозии строительных материалов и методы борьбы с ней: дис. ... д-ра техн. наук / А.И. Минас. - М., 1961. - В 2 т. - Т. 2.
6. Дороненков И.М. Исследование коррозии материалов в строительных конструкциях и защита от коррозии в химических производствах: дис. ... канд. техн. наук / И.М. Дороненков. - М., 1961.
7. Москвин В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, Е.А. Гусев. - М.: Стройиздат, 1980.
8. Овчинников И.И. Обеспечение сохранности малых и средних мостов с металлическими пролетными строениями / И.И. Овчинников, М.Ю. Миронов, И.Г. Овчинников, Г.В. Снегирев, В.К. Черных, О.Ю. Моисеев // Интернет-журнал «Науковедение». – 2013. – №5 (18); <http://naukovedenie.ru/PDF/112tvn513.pdf>
9. Черных В.К. Обеспечение сохранности пролетных строений мостов из старогородных труб / В.К. Черных, И.Г. Овчинников // Материалы XIV Международной научной конференции «Новые идеи нового века». - Хабаровск: издательство ТОГУ, 2014. – С.411-414.
10. Черных В.К. Особенности мониторинга мостовых сооружений области / В.К. Черных, Д.Н. Нестерова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); <http://www.trts.esrae.ru/15-63>
11. Черных В.К. Использование гофрированного металлического листа при строительстве водопропускных труб и малых мостов / В.К. Черных, Л.В. Козырева // Материалы XIII Международной научной конференции «Новые идеи нового века». Том 2. - Хабаровск: издательство ТОГУ, 2013. – С.478-482.

УДК 624.042

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОДВОДНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ВЕЛИКУЮ В ГОРОДЕ ПСКОВЕ METHODOLOGY OF CONDUCTING OF UNDERWATER INSPECTION OF TRANSPORT CONSTRUCTIONS BY THE EXAMPLE OF A BRIDGE ACROSS THE RIVER VELIKAYA IN PSKOV CITY

Кокоев А.В., студент; Овчинников И.Г., д.т.н., профессор

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Аннотация. В работе поднимается проблема проведения обследования подводных частей транспортных сооружений. Приводится зависимость между безопасной эксплуатацией и работой конструкций сооружений и проведением его подводного обследования. Рассматривается применение отечественных методик подводного обследования транспортных сооружений на примере отчета о проведенном ЗАО «Институтом «ИМИДИС» предпроектном обследовании конструкций автодорожного моста имени 50-летия Октября через р. Великую в г. Пскове в 2014 г.

Abstract. In the article the issue of the inspection of the underwater parts of transport constructions is considered. The dependence between structure safe maintenance and functioning and conduction of underwater inspection is given there. The application of local methods of underwater inspection of transport constructions by the example of the report conducted by CJSC "Institute "IMIDIS" preproject inspection of highway bridge in honor of the 50th anniversary of the October across the River Velikaya in Pskov in 2014.

Ключевые слова: транспортное сооружение, мост, эксплуатация, подводное обследование, методика, приборы, оборудование, дефект, повреждение, коррозия, агрессивная среда, размыв

Keywords: transport construction, bridge, maintenance, underwater inspection, methods, devices, equipment, defect, damage, corrosion, aggressive environment, scour.

Состояние и работоспособность транспортных сооружений, в том числе мостов, напрямую влияет на социально-экономическое развитие страны. Очевидно, что своевременное проведение

обследований и осмотров подводных конструкций мостов может помочь предотвратить значительную долю потенциальных аварий и повреждений на мостовых сооружениях в результате заблаговре-

менного обнаружения дефектов и повреждений, которые неизбежно возникают на отдельных элементах подводных частей мостов под влиянием ряда причин [1-4]:

1. недоброкачественного выполнения строительных работ;
2. нарушения режима технической эксплуатации;
3. ошибок, допущенных при проектировании (в т. ч. недоучета природных условий).

Возраст большинства уже существующих мостов исчисляется многими десятилетиями. Эти транспортные сооружения построены по устаревшим нормативным документам и без учета необходимости проведения периодического комплексного обследования мостов, включающего анализ состояния их подводных частей. С экономической точки зрения осуществление периодических осмотров частей мостов, находящихся ниже уровня воды, позволит свести к минимуму существенные расходы на возможные ремонтные и восстановительные работы и поддерживать высокие эксплуатационные показатели транспортных сооружений.

В работах авторов [2-4] и ряде других освещались вопросы применения различных методик подводного обследования транспортных сооружений за рубежом. В данной статье рассматриваются особенности отечественных методик проведения подводного обследования транспортных сооружений на примере выполненного ЗАО «Институт «ИМИДИС» обследования конструкций автодорожного моста в г. Пскове.

Научно-проектным институтом «ИМИДИС» (Исследование мостов и других инженерных сооружений) в мае-июне 2014 г. было выполнено предпроектное обследование конструкций автодорожного моста имени 50-летия Октября (рис.1) был через реку Великую в городе Пскове [5]. Данный мост построен и принят в эксплуатацию в 1967 году. Сооружение расположено в черте города Пскова. Проект мостового перехода разработан институтом «Ленгипротрансмост» (ОАО «Трансмост»), строительные работы выполнены Мостопоездом №449 треста Мостострой №6. Сооружение было рассчитано на пропуск автомобильной нагрузки класса Н-30 в сочетании с пешеходной нагрузкой на тротуарах, равной 400 кг/м^2 по нормам СН200-62, и тяжелой колесной нагрузки класса НК-80. Полная длина моста по открылкам устоев составляет 229,1 м, продольная схема: 8,4+(60,0+K44,0&K44,0+ 60,0)+8,4 м.

Целью предпроектного обследования явилось определение ремонтнопригодности его элементов и сбор необходимой информации для принятия правильной стратегии по модернизации сооружения.

Основные задачи, которые решались при проведении обследования:

- освидетельствование всех доступных элементов мостового сооружения;
- выполнение комплекса инструментальных исследований;
- исследование напряженно-деформированного состояния конструкций моста под автомобильными нагрузками;
- расчётная оценка грузоподъемности моста;

- разработка основных технических мероприятий для дальнейшей эксплуатации сооружения на основании анализа результатов выполненной работы.

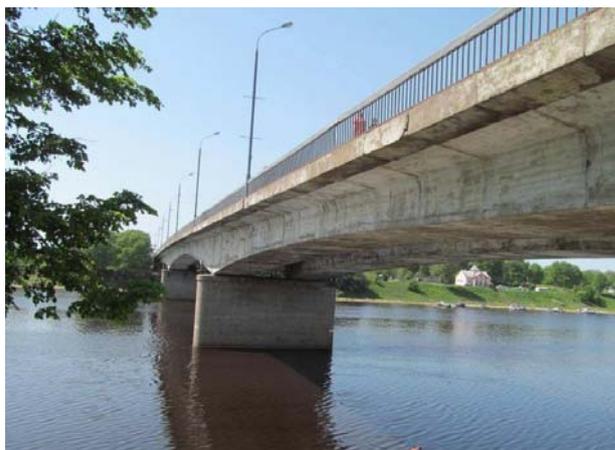


Рис. 1 - Общий вид моста от опоры №0 с левой стороны

Содержание и объем обследования соответствуют, как указано в отчете, следующим нормативным документам:

1. СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы»;
2. СНиП 3.06.07-86 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний»;
3. ВСН 4-81 «Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах»
4. ОДН 218.017-2003 «Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций»
5. ОДМ 218.4.001-2008. «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах»
6. «Временная Инструкция по диагностике сооружений на автомобильных дорогах» ГП «РОС-ДОРНИИ», 2003 г;
7. «Требования к техническому отчету по обследованию и испытанию мостовых сооружений на автодороге», ФАДС Минтранса РФ, 1996 г;
8. СтП РМП 31.01 – 2007 «Положение о техническом контроле гидротехнических сооружений морских портов».

Один из разделов отчета посвящен гидрологическому обследованию моста, которое включает: подводное обследование опор, гидроакустическое исследование и исследование русла реки.

Подводное обследование опор производилось в легководолазном снаряжении с открытой схемой дыхания, с применением водолазных осветительных приборов, измерительных инструментов (щупы, линейки, отвесы, рулетки) и подводной фотоаппаратуры. Погружения осуществлялись с катера. Водолазные работы проводились 10 июня 2014 г. при температуре воздуха около $+23^{\circ}\text{C}$, температуре воды около $+20^{\circ}\text{C}$, скорости течения 0,5 м/с, прозрачности воды 0,5-1 м. Обследование русловых опор 2 и 3 проводилось путем визуального осмотра. Опоры массивные на естественном основании, выполненные из монолитного железобетона марки М300. В представленной заказчиком (Управлением городского хозяйства Администрации г.

Пскова) документации данных о предыдущих подводных обследованиях не было.

В отчете приведены следующие данные. Уровень воды соответствовал УМВ. Тело опоры и видимая часть фундамента представляли собой монолитную бетонную конструкцию, соответствующую проекту. Массивные части опор и фундаментной уширенной части в подводной зоне покрыты биообрастаниями слоем до 2 мм. Поверхность ровная, без значительных дефектов. Повреждений защитного слоя, оголения и коррозии арматурного каркаса на поверхностях обеих русловых опор 2, 3 не выявлено. На поверхности уширенной части фундаментов опор на глубине 1,5 – 2,0 м выявлены незаглушенные отверстия диаметром 20 – 30 см глубиной от 3 до 10 см явно технологического характера. Нижняя часть фундамента опор 2 и 3, включая ступени уширения фундамента, закрыта грунтом и строительным мусором. Дно вокруг опор заилено, имеются отдельные фрагменты строительных конструкций (рис.2), бревен и другого мусора.



Рис. 2 - Русло вокруг опоры №3.
Посторонние конструкции

Гидроакустическое исследование дна реки осуществлялось с помощью гидролокатора бокового обзора серии «Гидра-4», позволившего дополнить результаты натурного осмотра и обнаружить то, что могло быть пропущено из-за плохой видимости. В процессе гидроакустического исследования было подтверждено наличие техногенного мусора около опор, а также отверстия в бетоне опоры 2.

Гидрологическое обследование русла реки в створе моста выполнено с применением промерного эхолота «Гидромастер ПЭ-9» и геодезической системы спутникового позиционирования ASHTECH ProMark 100. По итогам обработки результатов промеров глубин построены план и пространственная модель промеров глубин. На основании анализа диаграммы распределения глубин в створе моста были сделаны выводы о наличии местных размывов до 10,2 м и наличии мусора с образованием намывов у русловых опор.

По итогам подводного обследования констатировалось, что подводные части опор не имеют существенных повреждений, влияющих на их эксплуатационную надёжность. Техническое состояние

опор оценено как удовлетворительное. В створе моста зафиксировано наличие местных размывов дна (до 10,2 м в пролете 1-2) и мусора с образованием намывов у русловых опор. Обнаруженные возле русловых опор на дне крупногабаритные элементы непосредственно не влияют на эксплуатационные характеристики моста. Однако их следует убрать, поскольку наличие мусора затрудняет производство работ по обслуживанию и ремонту подводной части опор, изменяет режим и характер течения реки и приводит к размывам грунта возле опор.

Конструктивный анализ отчета позволяет отметить следующее.

- В нормативных документах, на которые ссылается исполнитель обследования, нет четких указаний о периодичности и методах проведения плановых обследований подводных частей транспортных сооружений. Существуют лишь общие рекомендации, содержащие устаревшие методики. В документах не указывается на взаимосвязь между состоянием подводных частей и работоспособностью сооружения в целом. Мы полагаем, что важно законодательно определить сроки периодических комплексных обследований транспортных сооружений, в том числе их подводных частей.
- Проведение подводного обследования осуществлялось в период, когда уровень воды в реке не слишком высокий и соответствует УМВ, и скорость течения воды в реке небольшая. Однако наибольшие повреждения подводные части опор сооружения получают во время паводка, поэтому рекомендуется проводить подводное обследование в послепаводковый период.
- В отчете указано на наличие скопления строительного мусора, который необходимо устранить по ряду причин. Следовало бы более четко отметить, что техногенные отходы и мусор могут скрывать различного рода дефекты и повреждения фундамента и тела опор, которые могут влиять на безопасную эксплуатацию моста. Грунт, строительный мусор и ил могут скрывать дефекты и повреждения элементов опор сооружения. Глубина заложения фундаментов не была проверена.
- Отметим, что при обследовании подводных частей опор моста не проводилась очистка поверхности опор и фундаментов. Следовательно, стоит учитывать возможность наличия дефектов и повреждений, скрытых за органическими наростами. Также существует вероятность подверженности поверхностей опор и ростверков биокоррозии [4].
- Несмотря на факт выполнения гидрологического обследования, в отчете отсутствует информация о составе воды в реке на предмет щелочности или наличия других примесей, вызывающих коррозионные процессы в материале подводных элементах конструкций опор сооружений.

В настоящее время в отечественных нормативных документах, которые являются единственными регуляторами периодичности проведения

подводных обследований транспортных сооружений, не указано ничего конкретного ни по срокам, ни по рекомендуемым методикам, ни по требованиям к содержанию отчетов. В итоге складывается ситуация, при которой транспортные сооружения, находящиеся во владении у разных структур, подвергаются обследованиям надводных и подводных частей крайне редко, либо вообще не подвергаются.

Кроме того, при разработке технического задания заказчик обследования основывается на рекомендациях устаревших отечественных нормативных документов или на советах исполнителя, у которого нет оснований превышать объем работ, оговоренный в устаревших нормативных документах и использовать современные и инновационные методики обследования, к примеру, с использованием дистанционно-управляемых аппаратов [4].

Поэтому крайне важно провести актуализацию отечественных нормативных документов, в части, касающейся проведения обследований транспортных сооружений, уделив внимание и подводным обследованиям.

Библиографический список:

1. Овчинников И.Г. Обследование, ремонт и усиление оснований и фундаментов транспортных сооружений / И.Г. Овчинников, А.А. Шеин, А.А. Пискунов. - Учебное пособие, Казань, изд-во КГАСА, 2005. - 300 с.
2. Кокодеев А.В. Подводное обследование мостов/ Транспортное пространство России и Евразийского экономического союза в XXI веке: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения первого Министра автомобильных дорог РСФСР А.А. Николаева, Сочи, 28-29 мая 2014 г. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2014. – С. 101-107.
3. Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Обследование, оценка эксплуатационного состояния подводных частей мостовых сооружений, особенности планирования и выполнения на них ремонтных работ // Безопасность регионов – основа устойчивого развития: материалы четвертой международной научно-практической конференции, г. Иркутск, 22-26 сентября 2014 г. / Иркутск: Изд-во Иркутск: ИРГУПС, 2014. – С. 247-252.
4. Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. Обследование, мониторинг, выполнение ремонтных и восстановительных работ на подводных частях транспортных сооружений // Интернет-журнал "Науковедение", 2014 №5 (24) [Электронный ресурс]-М. : Науковедение, 2014 -.- Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/02KO514.pdf>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
5. Научно-технический отчет по результатам предпроектного обследования моста имени 50-летия Октября через реку Великую в городе Пскове / ЗАО «Институт «ИМИДИС», Москва, 2014. – 196 с.

УДК 624.01

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ КОРРОЗИОННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОРПУСОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF DEFECTS AND DAMAGES OF CORROSION ORIGIN ON THE STRESS-STRAIN STATE OF THE HULLS VERTICAL CYLINDRICAL STEEL TANKS

Шеин А.А., к.т.н., доцент; Раткин В.В., к.т.н., доцент; Кокодеев А.В., студент

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Аннотация. Рассмотрим определение напряженно-деформированного состояния корпуса стального вертикального цилиндрического резервуара со сплошными неравномерными коррозионными повреждениями, а также с конструктивными несовершенствами, снижающими устойчивость корпусов и сокращающие срок эксплуатации.

Abstract. Consider the determination of the stress-strain state of steel vertical cylindrical tanks with a continuous uneven corrosion damages, as well as with structural imperfections that reduce the stability of the hulls and reduce the period of maintenance.

Ключевые слова: стальные резервуары, корпус, сооружение, конструкция, эксплуатация, долговечность, устойчивость, расчет, анализ, коррозия, дефект, повреждение.

Keywords: steel tanks, hulls, construction, structure, maintenance, durability, stability, calculation, corrosion, analysis, defect, damage.

Стальные резервуары, эксплуатируемые в топливно-энергетическом комплексе, подвергаются комплексу внешних воздействий: нагрузок, температур и агрессивных рабочих сред и имеют те или иные дефекты и повреждения, обусловленные влиянием внешних эксплуатационных факторов. Одной из важнейших проблем в системе управления эксплуатацией резервуарных конструкций [1-3] является совершенствование существующих и разработка новых расчетных методик, учитывающих влияние дефектов и повреждений конструкций

на их несущую способность, надежность и долговечность, разработка расчетных методик прогноза остаточного ресурса.

По результатам обследования 8662 резервуаров объемом до 5000 м³ на предприятиях топливно-энергетического комплекса РФ [4] были выявлены характерные повреждения резервуаров, приведенные в таблице 1, которые явились причиной отказа. Как показывает анализ, коррозионные повреждения приводят к 65-70 % случаям отказа резервуаров.

Таблица 1 - Характерные повреждения резервуаров

Причина отказа	Отказы	
	Число	Процент
Коррозионные повреждения	359	72,2
Дефекты сварного шва	16	3,2
Дефекты основного металла	10	2,0
Потеря геометрической формы	3	0,6
Отказы оборудования (исключая коррозию механизмов)	109	22,0
	497	100,0

По результатам обследования установлено, что коррозии преимущественно подвергается днище, кровля, нижние и верхние пояса резервуара и механизмы приемных и раздаточных устройств.

Интенсивная коррозия отмечается в зоне колебания уровня нефтепродукта. Распределение отказов по элементам резервуара приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Распределение отказов по элементам резервуара

Элемент резервуара	Отказы	
	Число	Процент
Корпус резервуара		
Днище	102	28,4
Кровля	68	18,9
Стенка	29	8,1
Оборудование внутри резервуара	160	44,6
	359	100,0

Независимо от вида коррозии (сплошная неравномерная, локальная, питтинговая), необходимо оценивать изменение механических свойств материала конструкций. Многочисленные данные натурных обследований подтверждают тенденцию снижения пластичности стали (охрупчивание), длительное время находившейся в контакте с нефтью, особенно с повышенным содержанием сероводорода [5]. При этом увеличивается разброс значе-

ний расчетного сопротивления стали, что повышает вероятность отказа резервуаров и приводит к необходимости снижения уровня расчетного сопротивления стали для сохранения заданного уровня надежности эксплуатации.

На основе экспериментальных данных в работе [1] была предложена феноменологическая модель, позволяющая определить значение расчетного сопротивления стали, R_y :

$$R_{y,v,i} = R_{y,n} \cdot \left[\exp - \left(\frac{\sigma - \sigma_0}{\sigma} \right) \cdot \sqrt[3]{\frac{t_v}{(t_n + t_{inc})}} \cdot \left(\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{cr}} \right) \right] \cdot \gamma_{\alpha} \quad (1)$$

где $R_{y,n}$ – начальное расчетное стали, принимаемое для материала, не имеющего сварных соединений, МПа; σ – уровень напряжений в момент времени t_v , определяемый расчетом корпуса резервуара с дефектами, МПа; σ_0 – начальный уровень напряжений в корпусе резервуара, определяемый при его проектировании, МПа; t_n – нормативный срок службы резервуара, лет; t_v – фактическое время эксплуатации резервуара, лет; t_{inc} – срок службы защитного покрытия, лет; Δ_{max} , Δ_{cr} – максимальное и среднее значение глубины коррозионного износа, определяемое по данным толщинометрии обследуемого резервуара, мм; γ_{α} – коэффициент, учитывающий влияние агрессивной среды на прочность узлов резервуара со сварными швами (от 0,90 до 0,55) в зависимости от вида

элемента со сварными швами, марки стали и температуры воздуха в зимний период.

Рассмотрим определение напряженно-деформированного состояния корпуса стального вертикального цилиндрического резервуара со сплошными неравномерными коррозионными повреждениями.

В качестве расчетной схемы рассматривается физически и геометрически линейная тонкостенная цилиндрическая оболочка с переменной вдоль образующей толщиной.

После разрушения защитного покрытия процесс коррозионного износа протекает по закону, описываемому какой-либо из феноменологических моделей, приведенных в [1, 6-8].

Дифференциальное уравнение изгиба цилиндрической оболочки с переменной вдоль образующей толщиной имеет вид: [9]:

$$\left(\frac{d^2}{dx^2} \right) \left(D(x) \cdot \left(\frac{d^2 w(x)}{dx^2} \right) \right) + K(x) \cdot w(x) = P(x) \quad (2)$$

где $D(x) = \left(E \cdot \delta(x)^3 \right) / \left(12 \cdot (1 - \nu^2) \right)$ – цилиндрическая жесткость стенки резервуара;

$\delta(x) = \delta_0 - [\Delta_1(x) - \Delta_2(x)] \cdot t_v$ – толщина стенки

резервуара изменяющаяся с течением времени вдоль образующей с учетом моделей коррозионного износа на внутренней $\Delta_1(x)$ и внешней $\Delta_2(x)$ сторонах оболочки; $K(x) = (E \cdot \delta(x)) / R^2$ – условный коэффициент постели стенки; $\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона; $w(x)$ – прогиб;

E – модуль упругости стали; R – радиус резервуара; $P(x)$ – гидростатическое давление жидкости и избыточное давление газа в газозоудном пространстве (линейная функция координаты x).

Произведя операцию дифференцирования над уравнением (2) запишем:

$$D(x) \cdot (d^4 w(x) / dx^4) + 2D'(x) \cdot (d^3 w(x) / dx^3) + D''(x) \cdot (d^2 w(x) / dx^2) + K(x) \cdot w(x) = P(x) \quad (3)$$

где $D'(x), D''(x)$ – первая и вторая производные по цилиндрической жесткости стенки резервуара, которые могут быть вычислены как аналитически, так и численно.

Уравнение (2) при $\delta = \delta_0 = \text{const}$ представляет собой обыкновенное неоднородное линейное дифференциальное уравнение четвертого порядка

с постоянными коэффициентами и имеет аналитическое решение в виде:

$$w(x) = C_1 \cdot e^{-\beta \cdot x} \cdot \cos(\beta \cdot x) + C_2 \cdot e^{-\beta \cdot x} \cdot \sin(\beta \cdot x) + C_3 \cdot e^{+\beta \cdot x} \cdot \cos(\beta \cdot x) + C_4 \cdot e^{+\beta \cdot x} \cdot \sin(\beta \cdot x) + P(x) / K \quad (4)$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – произвольные постоянные, определяемые из граничных условий.

В качестве граничных условий могут быть рассмотрены геометрические (жесткая заделка), статические (свободный край) или смешанные

(шарнирное опирание), а также упругое сопряжение стенки резервуара с днищем.

Выражения для угла поворота, изгибающего момента и поперечной силы запишутся в виде:

$$\varphi(x) = dw(x) / dx, M(x) = -D(x) \cdot d^2 w(x) / dx^2, Q(x) = dM(x) / dx \quad (5)$$

Нормальные, изгибные меридиональные, изгибные кольцевые и полные напряжения определяем по формулам:

$$\sigma_n = w(x) \cdot (E/R), \sigma_{n,m} = 6 \cdot (M(x) / \delta(x)^2), \sigma_{n,k} = \nu \cdot \sigma_{n,m}, \sigma_n = \sigma_n + \sigma_{n,k} \quad (6)$$

Для решения дифференциального уравнения четвертого порядка с переменными коэффициентами вида (3) необходимо воспользоваться одним из численных методов, например методом конечных разностей.

Конечно-разностные соотношения для аппроксимации производных функции прогиба запишем в виде:

$$\begin{aligned} w'_i &= (1/(2 \cdot h)) \cdot (w_{i+1} - w_{i-1}), w''_i = (1/h^2) \cdot (w_{i+1} - 2 \cdot w_i + w_{i-1}) \\ w'''_i &= (1/(2 \cdot h^3)) \cdot (w_{i+2} - 2 \cdot w_{i+1} + 2 \cdot w_{i-1} - w_{i-2}) \\ w''''_i &= (1/h^4) \cdot (w_{i+2} - 4 \cdot w_{i+1} + 6 \cdot w_i - 4 \cdot w_{i-1} - w_{i-2}) \end{aligned} \quad (7)$$

Конечно-разностные соотношения для аппроксимации производных по цилиндрической жесткости $D(x)$ запишем в виде:

$$D'_i = (1/(2 \cdot h)) \cdot (D_{i+1} - D_{i-1}), D''_i = (1/h^2) \cdot (D_{i+1} - 2 \cdot D_i + D_{i-1}) \quad (8)$$

Уравнение в конечных разностях для точек $i = 1 \dots n$ при шаге h :

$$w_{i-2} \cdot A_{5,i} + w_{i-1} \cdot A_{4,i} + w_i \cdot A_{3,i} + w_{i+1} \cdot A_{2,i} + w_{i+2} \cdot A_{1,i} = P_i \cdot h_i^4 \quad (9)$$

где $A_{5,i} = D_{i-1} / 2 + D_i - D_{i+1} / 2$; $A_{4,i} = -6 \cdot D_{i-1} + 2 \cdot D_{i+1}$;

$A_{3,i} = -2 \cdot D_{i-1} + 10 \cdot D_i - 2 \cdot D_{i+1} + K_i \cdot h_i^4$; $A_{2,i} = -2 \cdot D_{i-1} - 6 \cdot D_i$; $A_{1,i} = D_{i+1} / 2 + D_i - D_{i-1} / 2$ – коэффициенты уравнения (9) для каждого узла сетки.

Рассмотрим учет граничных условий на контуре оболочки.

Пусть при $x = 0$ оболочка заделана упруго, а при $x = L$ оболочка жестко закреплена т.е. выполняются следующие условия:

$$w_0 = 0, M(0) = -D(0) \cdot (d^2 w(x)/dx^2) = -D(0) \cdot (1/h^2) \cdot (w_1 - 2w_0 + w_{-1}) = -M_0 \quad (10)$$

$$w_n = 0, \varphi(L) = (1/(2 \cdot h)) \cdot (w_{n+1} - w_{n-1}) = 0 \quad (11)$$

где M_0 – начальный параметр, который определяется из приближенного расчета стенки резервуара с дном как балкой постоянной толщины, лежащей на упругом основании, толщина стенки резервуара при этом принимается постоянным с усредненным равномерным коррозионным износом; $D(0)$ – известная величина.

Из граничных условий (10): $w_0 = 0, w_{-1} = -((h^2 \cdot M_0)/D(0)) - w_1$. Из граничных условий (11):

$w_n = 0, w_{n+1} = w_{n-1}$. При $i = 0$ выражения (8) имеют вид:

$$D'(0) = (1/(2 \cdot h)) \cdot (D_1 - D_{-1}); D''(0) = (1/h^2) \cdot (D_1 - 2D(0) - D_{-1}).$$

При $i = n$ выражения (8) имеют вид: $D'(L) = (1/(2 \cdot h)) \cdot (D_{n+1} - D_{n-1}); D''(L) = (1/h^2) \cdot (D_{n+1} - 2D(L) - D_{n-1})$. Так как известны $D'(0), D''(0), D'(L), D''(L)$, то значения D в законтурных точках $i = -1$ и $i = n + 1$ могут быть легко вычислены.

Разрешающее уравнение в конечных разностях (9) с учетом граничных условий (10) и (11) приводит к системе линейных алгебраических уравнений для нахождения значений прогиба w_i в узловых точках сетки. Зная значения прогиба w_i , находим остальные компоненты напряженно-деформированного состояния корпуса резервуара с коррозионными повреждениями.

Проверка прочности корпуса резервуара с учетом фактического уровня напряжений σ выполняется по формуле:

$$\sigma_i \leq \gamma_c \cdot R_{y,v,i} \quad (12)$$

где σ_i – определяется по формуле (6) с учетом найденных узловых значений прогибов w_i из решения конечно-разностного уравнения (9); γ_c – коэф-

фициент условий работы, равный 0,8; $R_{y,v,i}$ – определяется по формуле (1) с подстановкой в нее значений σ_i .

Наряду с коррозионными повреждениями корпуса резервуаров имеют конструктивные несовершенства (выпучины и вмятины), которые снижают устойчивость их корпусов и тем самым сокращают срок эксплуатации.

Рассмотрим определение напряженно-деформированного состояния стенки стального вертикального цилиндрического резервуара при наличии гидростатического и избыточного давлений $P(x)$, нагрузки от веса покрытия и снега на нем q , а также наличия осесимметричных погибей w_n .

При отсутствии коррозионного износа корпуса уравнение имеет вид:

$$D(x) \cdot (d^4 w(x)/dx^4) + q \cdot (d^2 w(x)/dx^2) + K(x) \cdot w(x) = P(x) + (v/R) \cdot q + q \cdot w_n''; \quad (13)$$

$$w_n = \sum_{i=1}^m A_m \cdot \sin(m \cdot \pi \cdot x/L_n) \quad (14)$$

где q – осевая внешняя нагрузка; w_n – функция, описывающая геометрические несовершенства в корпусе; A_m – коэффициенты, определяемые по экспериментальным данным замеров вертикальности образующих; L_n – длина геометрического несовершенства.

Уравнение (13) – обыкновенное неоднородное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами, которое называют еще уравнени-

ем нелинейного краевого эффекта. Его решение можно записать в виде (15):

$$w(x) = C_1 \cdot e^{-\beta_2 x} \cdot \cos(\beta_1 \cdot x) + C_2 \cdot e^{-\beta_2 x} \cdot \sin(\beta_1 \cdot x) + C_3 \cdot e^{+\beta_2 x} \cdot \cos(\beta_1 \cdot x) + C_4 \cdot e^{+\beta_2 x} \cdot \sin(\beta_1 \cdot x) + P(x)/K + (v \cdot q)/(R \cdot K) + \sum_{i=1}^m \left[\frac{q \cdot (m \cdot \pi \cdot x/L_n)^2 \cdot A_m \cdot \sin(m \cdot \pi \cdot x/L_n)}{D \cdot [(m \cdot \pi \cdot x/L_n)^4 - 4 \cdot \beta \cdot \omega \cdot (m \cdot \pi \cdot x/L_n) + 4 \cdot \beta^4]} \right] \quad (15)$$

где $\beta = \sqrt{K/(4 \cdot D)}$; $\beta_1 = \sqrt{1 + \omega}$; $\beta_2 = \sqrt{1 - \omega}$; $\omega = q/(4 \cdot \beta^2 \cdot D)$; $x \in [L_1; L_1 + L_n]$.

Если геометрическое несовершенство распространяется на всю длину образующей – $x \in [0; L]$.

Библиографический список

1. Овчинников И.Г. Эксплуатационная надежность и оценка состояния резервуарных конструкций: монография / И.Г. Овчинников, Н.Б. Кудайбергенов, А.А. Шеин. – Саратов: Изд-во СГТУ, 1999. – 316 с.

2. Кокодеев А.В., Шеин А.А. Определение напряженно-деформированного состояния горизонтальных цилиндрических стальных резервуаров с учетом повреждений коррозионного происхождения // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); URL: trts.esrae.ru/15-58

3. Кокодеев А.В., Шеин А.А. Влияние осесимметричных геометрических несовершенств корпусов стальных вертикальных цилиндрических резервуаров на их устойчивость и долговечность // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 1 (9); URL: trts.esrae.ru/15-61
4. Венгерцев Ю.А. Повышение эксплуатационной надежности резервуаров / Ю.А. Венгерцев, Е.А. Егоров, В.Н. Загоскин // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводород. сырья: сб. науч. трудов. – М.: ЦНИИТЭНефтехим., Вып. № 6, 1989. – С. 1-51.
5. Овчинников И.Г. Коррозионная стойкость и защита резервуарных конструкций от коррозии: монография / И.Г. Овчинников, А.А. Шеин, А.П. Денисова. – СГТУ, Саратов, 1997. – 205 с. – Деп в ВИНТИ № 1496-В 97.
6. Раткин В.В., Кокодеев А.В. Анализ причин возникновения дефектов и повреждений сталежелезобетонных конструкций транспортных сооружений, влияющих на их несущую способность и долговечность // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2014. – № 4 (8); URL: trts.esrae.ru/14-57
7. Петров В.В. Расчет элементов конструкций, взаимодействующих с агрессивной средой / В.В. Петров, И.Г. Овчинников, Ю.М. Шихов. – Саратов, 1987. – 228 с.
8. Шеин А.А. Развитие теории расчета резервуарных конструкций с учетом дефектов коррозионного происхождения: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.А. Шеин. – Пенза, 1998. – 22 с.
9. Лессиг Е.Н. Листовые металлические конструкции / Е.Н. Лессиг, А.Ф. Лилеев, А.Г. Соколов. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1970. – 487 с.

УДК 69.07

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ И СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

THE ELEMENTS OF CONSTRUCTION AND DESIGN FEATURES OF HIGH-RISE BUILDINGS IN SAINT-PETERSBURG

Логвиненко А.С., студентка

Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье рассмотрены особенности строительства высотных зданий в Санкт-Петербурге, в частности, специфика возведения строительных конструкций в сложных инженерно-геологических условиях.

Abstract. The article deals with some aspects of high-rise buildings construction in Saint-Petersburg including high-rise structures construction under difficult geotechnical conditions.

Ключевые слова: строительство, строительные конструкции, инженерные изыскания, слабые грунты.

Keywords: building, building constructions, engineering survey, soft ground.

Возведение многоэтажных жилых и коммерческих сооружений является ведущим направлением в строительстве многих компаний - застройщиков. С точки зрения надежности главенствующее положение в данном процессе занимают грамотно спроектированные строительные конструкции, совершенствование которых на современном этапе развития индустрии является целью научно-технических и технологических разработок. Учитывая геологические особенности Санкт-Петербурга, а именно, слабые грунты, залегающие на глубину от 5 м до 30 м, особое внимание уделяется точным расчетам строительных конструкций и применению передовых технологий, уменьшающих осадку земных пород. Поэтому рассматриваемая проблема является актуальной и будет рассмотрена далее более подробно.

Наиболее проблемной зоной является исторический центр Санкт-Петербурга. Известен случай осадки Исаакиевского собора на 1 метр. Деформации собора начались уже в процессе его почти полувекового строительства. Западная его часть осела больше, чем восточная, базирующаяся на сваях длиной 10,5 м, забитых еще при строительстве предшествующего собора (по проекту А.Ринальди). Для устройства же основания остальной части здания собора были использованы 24000 сосновых свай длиной 8,4 м под столбы и

6,3 м под стены, то есть более короткие. В начале XX в. профессор Института гражданских инженеров (ныне СПбГАСУ) А. И. Дмитриев писал в отчете о причинах осадки собора: «Ввиду того, что сваи, не достигая плотного грунта, держатся только трением о грунт, происходит постоянная осадка собора» [4].

В Санкт-Петербурге проведены исследования почвы и выявлены наиболее благоприятные районы для возведения высотных домов: Приморский, Выборгский, Красносельский. В перечисленных районах этажность зданий, благодаря развитию технологий, достигает 27 этажей. Еще в 2013 году строительство велось в пределах 25 этажей [3]. Тем не менее, началу любого строительства предшествуют инженерно-геологические изыскания, выявляющие пригодность земельного участка и уровень сложности ведения будущего объекта строительства (базовый, повышенный, высший). Беря во внимание глубину проникновения слабых грунтов и расположение грунтовых вод, достигающее в среднем 1,8 м, главной задачей при строительстве конструкций здания служит обеспечение минимального поступления воды в котлован [2].

При расчетах глубины закладывания строительных конструкций обязательно учитывается оседание сооружения на 2-5 м. Особые требования предъявляются к зданиям и сооружениям истори-

ческой застройки, а так же памятникам архитектуры и культуры, дополнительная деформация которых не должна превышать значений 0,5 - 1 см.

При данных обстоятельствах строительство вблизи существующих зданий в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга является крайне сложной задачей. Кроме того, при проектировании необходимо предусматривать меры, снижающие развитие деформации соседней застройки до величин, исключающих возникновение повреждений ее конструкций или ухудшение условий эксплуатации. В случае превышения деформации в допустимых пределах следует произвести ряд работ, описанных в ТСН 50-302-2004 «Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге», являющимся одним из основных нормативных документов, на который должны опираться участники строительства. Наряду с ним, важны РМД 31-04-2008 «Рекомендации по строительству жилых и общественных высотных зданий».

Для уменьшения технологической осадки на момент устройства ограждающей конструкции ограждение выполняется по «щадящим технологиям», к которым относятся: ограждение методом «стена в грунте», ограждение в виде буровых касательных свай с использованием обсадных инвентарных труб. Но не допускаются значительные динамические воздействия, так как это может привести к разжижению водонасыщенных пылеватых песков, находящихся в основании существующих зданий, и нижележащих суглинков текучей консистенции, обладающих тиксотропными свойствами (способностью разжижаться при динамических воздействиях и восстанавливать прочностные свойства после их прекращения), что повлечет за собой деформации примыкающих зданий. Дополнительные деформации на момент строительства избегаются за счет использования распорных конструкций в виде металлических труб, перекрытий и фундаментных плит, выполняющих распорную функцию.

Ограждения из металлического шпунта рядом с существующей застройкой используются редко, в основном, при отдалении зданий на расстояние от 10м до 20м, а также при устройстве одноуровневых котлованов с глубиной откопки до 5 м. Использование шпунтового ограждения сопряжено с технологическими трудностями погружения до проектной отметки методом статического вдавливания, необходимостью прохождения через толщу песков мелкой и средней крупности и погружением нижнего конца в слой суглинков и супесей от тугопластичной до твердой консистенции с включениями валунов, гравия и гальки до 25%. Не допускается погружение шпунта методами вибропогружения, гидроразмывом, а так же с лидерным бурением без специального обоснования (в т.ч. проведения опытных площадок и измерений). Использование шпунтового ограждения также может быть сопряжено с необходимостью усиления фундаментов примыкающих зданий методом пересадки на буронабъекционные сваи.

Значительную роль при этом играет выбранный метод производства работ. При строительстве в плотной городской застройке, в примыкании более чем с двух сторон существующих зданий, работы зачастую выполняются закрытым способом

по методу «Top-down», а так же полузакрытым способом «Semi-Top-Down».

Успешным решением возведения нового здания с использованием одного из таких методов является строительство торгового центра «Стокманн» с подземным помещением на Невском проспекте, 114. В качестве подрядчика выступила компания ООО «Китайстрой». Для укрепления грунта использовался шпунт люксембургского производства «Arcelormittal», который закладывался на глубину 22,5 метра. В расчеты было заложено возможное проседание земной поверхности. Кроме того, для раскопки котлована были задействованы не эскапаторы, а контейнеры, что позволяло одновременно вести раскопки и строительство. «Строительство велось методом «вверх-вниз» (top-down). Сначала устраивалось ограждение котлована и вбивались все сваи, большинство которых состояло из двух частей: железобетонной и стального сердечника. Стальные сердечники играли роль колонн на этапе разработки котлована. Затем бетонировалось перекрытие на уровне поверхности земли, и грунт начинали копать под ним. Завершив бетонирование плиты перекрытия и части вертикальных конструкций первого подземного этажа, в результате получили возможность возводить надземные конструкции. Далее этапы разработки грунта и устройства перекрытий повторялись с разницей в том, что стены на нижних этажах при строительстве «сверху вниз» не бетонировались»[1].

Распространенным методом решения проблемы водопритоков является «jetgrouping». Способ разработан в Японии в 1970-х годах как «струйная технология». В настоящее время широко практикуется в Германии, Италии, Франции и других странах, в России применяется недавно. Метод применялся, например, при реставрации восточного крыла арки Главного штаба Государственного Эрмитажа, где ограждающий котлован был заглублен на 16м.

Вышеописанное показывает, что успешное применение технологий позволяет справляться с трудными природными условиями. Но любое вмешательство техники создает волны, которые способствуют деформации грунта, что накладывает обязательство постоянного наблюдения и контроля состояния уровня осадки и своевременного корректирования, укрепления. Также технологии строительства в центральной части Санкт-Петербурга должны отличаться от строительства в периферийной зоне, нося более щадящий характер. К сожалению, застройщики экономят, избегая вкладывать денежные средства в более мощные конструкции, позволяющие создавать высотные дома.

Библиографический список

1. Голокова М. А. Под центром // АСН инфо , 2009 - . <http://asninfo.ru/magazine/388/pod-centrom-peterburga>
2. Особенности освоения подземного пространства в исторической части Санкт-Петербурга // UnderGroundExpert, 2014 - : http://piter.tv/event/Rashid_Mangushev_pochemu_v/
3. Романов Р. М. Почему в городе не ведется подземное строительство?//Piter.TV,2011: http://piter.tv/event/Rashid_Mangushev_pochemu_v
4. Улицкий В. М. Высотное строительство в Санкт-Петербурге // <http://www.georec.spb.ru/journals/09/files/09004.pdf>,

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

METHODS OF ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE BRIDGE STRUCTURE UNDER UNCERTAINTY

Нигаматова О.И., аспирант, Овчинников И.Г., д.т.н., профессор

Аннотация. В статье приведена методика оценки технического состояния мостовых сооружений в условиях неопределенности, возникающей при неполноте и неточности информации об анализируемой конструкции.

The abstract. The article describes a method of assessing the technical condition of bridges in the face of uncertainty arising in incomplete and inaccurate information about the analyzed structure.

Ключевые слова: мостовые сооружения, оценка технического состояния, нечеткая логика, диагностика

Keywords: bridge, assessment of technical state, fuzzy logic, diagnostics

В процессе эксплуатации мостовые сооружения подвергаются воздействию агрессивных факторов окружающей среды, постоянных и временных нагрузок. В результате в элементах мостовых сооружений появляются деформации и повреждение, которые могут влиять на их долговечность и грузоподъемность. Таким образом, с изменением времени ухудшается техническое состояние мостовых сооружений. Основными показателями технического состояния мостовых сооружений являются безопасность (безопасность эксплуатации), безотказность (грузоподъемность), долговечность и ремонтпригодность [4]. Благодаря оценке технического состояния становится возможным обоснованно и своевременно принимать оптимальные решения по планово-предупредительным работам (ППР), ремонту, капитальному ремонту и реконструкции мостовых сооружений с целью продления срока их эксплуатации и обеспечения требуемой грузоподъемности.

На сегодняшний день проблема улучшения состояния мостовых сооружений стоит особенно остро. Неудовлетворительное техническое состояние мостов является серьезной угрозой нормальному функционированию дорожной сети. С течением времени большинство мостовых сооружений стареют как морально, так и физически. С увеличением интенсивности движения, грузоподъемности современного автотранспорта мостовые сооружения перестают соответствовать основным показателям технического состояния.

В процессе диагностики мостовых сооружений визуальный осмотр может оказаться более полезным, в случае, если инструментальный подход к оценке технического состояния затруднен в связи с большой трудоемкостью и длительностью выполнения работ, а также при неполноте и неточности необходимых для анализа данных. Но стоит отметить, что еще более сложной становится задача определения категорий технического состояния конструкций, так как необходимо не только оценить некоторые конструкции сооружения при визуальном осмотре, но и правильно и достоверно определить факторы, влияющие на техническое состояние конструкций. Следовательно, стоит задача

в оценке технического состояния в условиях неопределенности.

Один из современных подходов, используемых в решении задач принятия решений в условиях неопределенности, основан на применении теории нечеткой логики, основоположником которой стал Лофти Заде.

Применение теории нечетких множеств и её приложений позволяет строить формальные схемы решения задач, характеризующиеся той или иной степенью неопределенности, которая может быть обусловлена неполнотой, внутренней противоречивостью, неоднозначностью и размытостью исходных данных, представляющих собой приближенные количественные или качественные оценки параметров объектов. Эта неопределенность является систематической, так как обусловлена сложностью задач, дефицитом информации, лимитом времени на принятие решений, особенностями восприятия и т.п. Неполнота и неточность информации могут заключаться в принципиальной невозможности полного сбора и учета информации об анализируемой конструкции, некоторой недостоверности и недостаточности исходной информации и др. Кроме того, работы, связанные с усилением и ремонтом строительных конструкций, в значительной мере зависят от того, насколько объективно и квалифицированно проведены натурные обследования экспертом с точки зрения достоверности имеющихся дефектов. Следовательно, можно говорить о наличии «субъективного» человеческого фактора в задачах определения технического состояния конструкции. Основы теории нечеткой логики уже широко известны во всем мире и изложены в большом количестве источников [2, 3]. Нечеткая логика (НЛ) отличается от традиционной двухуровневой логики (да – нет, истина – ложь) тем, что между двумя крайними полюсами лежит бесконечное множество логических значений. Основной характеристикой нечеткого множества является функция принадлежности $\mu_A(x)$ элемента $x \in X$ подмножеству $A \subseteq X$, (где X – универсальное множество) принимает значение в интервале $[0, 1]$: $\mu_A \rightarrow [0, 1]$. Нечеткое подмножество A полностью определяется множеством пар $A = \{x, \mu_A(x)\}$. Здесь

понятие "нечеткость" определяется отсутствием ясности о принадлежности элемента x множеству A . Само по себе значение $\mu_A(x)$ является контекстно-зависимым [1] и интерпретируется как степень совместимости элемента $x \in X$ с подмножеством A , или как степень истинности v высказывания $x \in A$ или высказывания "x является свойством A":

$$\mu_A(x) = c \Leftrightarrow v(x \in A) = c. \quad (1)$$

Методология нечеткого моделирования полностью соответствует общей методологии создания моделей сложных систем, лишь конкретизируя и дополняя ее применительно к процессу построения и использования нечетких моделей сложных систем.

В качестве программного продукта для проектирования систем нечеткой логики можно использовать пакет Fuzzy Logic Toolbox в среде MATLAB. Пакет позволяет создавать экспертные системы на основе нечеткой логики.

Рассмотрим возможность применения теории нечеткой логики в оценке технического состояния мостовых сооружений в условиях неопределенности. В качестве входных параметров в систему нечеткого ввода принимаем три нечетких лингвистических переменных:

- «трещины»;
- «прогиб»;
- «деградационное разрушение бетона».

В качестве выходных данных – нечеткая лингвистическая переменная, характеризующая состояние сооружения – «оценка».

В качестве терм-множества лингвистической переменной «трещины» используем множество $T1 = \{\text{«незначительные», «допустимые», «недопустимые»}\}$.

В качестве терм-множества лингвистической переменной «прогиб» используем множество $T2 = \{\text{«малый», «средний», «большой»}\}$.

В качестве терм-множества лингвистической переменной «деградационное разрушение бетона» используем множество $T3 = \{\text{«поверхностное шелушение», «обнажение зерен крупного заполнителя», «с обнажением арматуры»}\}$.

При этом каждому из термов входной переменной соответствуют определенные границы, назначаемые по результатам обзора нормативно-технических документов различных стран по оцениванию технического состояния конструкции.

В качестве терм-множества выходной лингвистической переменной «оценка» используем множество $T4 = \{\text{«1», «2», «3»}\}$. При этом каждому из термов выходной переменной соответствуют определенные границы, принимаемые по результатам обзора рейтинговых систем оценки технического состояния мостовых сооружений в различных странах.

Для каждого терма определяются типы функций принадлежности таким образом, чтобы при пересечении двух функций они пересекались в точке 0,5 по оси ординат, но и соответствовали границам по оси абсцисс.

После задания 24-х правил нечеткого вывода выдается результат нечеткого вывода (значение выходной переменной) для конкретных значений входных переменных. По умолчанию для входных переменных предложены средние значения из интервала их допустимых значений. Это означает, что при средних значениях ширины раскрытия трещин, прогиба и степени деградационного разрушения бетона значениям входных переменных соответствует оценка технического состояния мостового сооружения в 3 балла.

Таким образом, в зависимости от имеющихся повреждений, оценка технического состояния конструкции может быть классифицировано по 3-м баллам:

Бальная оценка 1 – исправное работоспособное состояние – дефекты устраняются в процессе технического содержания и ППР.

Бальная оценка 2 – ограниченное работоспособное состояние – опасность обрушения отсутствует. Необходимо соблюдение всех эксплуатационных требований. Возможны ограничения некоторых параметров эксплуатации. Требуется ремонт.

Бальная оценка 3 – неработоспособное состояние – необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт или реконструкция сооружения.

Используя разработанную методику, планируется применить ее на конкретных мостовых сооружениях, получить результаты и сравнить полученные результаты со значениями оценки технического состояния на основании ОДМ 218.3.014-2011. О результатах чуть позже.

Библиографический список

1. Блишун А.Ф., Знатнов С.Ю. Обоснование операций теории нечетких множеств. – В кн.: Нетрадиционные модели и системы с нечеткими знаниями. - М.: Энергоатомиздат, 1991, с. 21-33.
2. Заде Л.А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе. - В кн.: Классификация и кластер / Под ред. Дж.Вэн Райзина.- М:Мир, 1980.- С. 208-247.
3. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Применение теории нечетких множеств к оценке состояния мостовых сооружений// Дороги России 21 века. 2009, №5, с. 92 – 96.
4. Управление состоянием мостовых сооружений на федеральной сети автомобильных дорог России. – М., 2007. – 96 с. – (Автомобильные дороги и мосты: Обзор. информ./ ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР»; Вып. 2).

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОМОВ ИЗ «СИБИТА» CONSTRUCTION OF HOUSES FROM «SIBIT»

Калинин А.Д., студент; Карева О.А., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Данная научная статья посвящена современному строительному материалу – газобетонные блоки марки "СИБИТ". Строительство домов из этого материала не только выгодно для индивидуальных застройщиков, но и обеспечивает комфортные условия проживания.

Abstract. This article is devoted to research of modern building materials - concrete blocks mark " Sibits ." Construction of houses from this material is not only beneficial for individual developers , but also provides comfortable accommodation .

Ключевые слова: газобетон, строительство, экономия, индивидуальный дом, преимущество, теплопроводность, качество.

Keywords: aerated concrete, building, savings, individual house, advantage, thermal conductivity, quality

Из ряда материалов для строительных блоков потребители всё чаще выбирают «СИБИТ» из-за качеств, выгодных для строительства. Этими качествами являются: экологичность, экономичность и удобность в использовании.



Рис. 1 - Дом из «СИБИТА»

«СИБИТ» – торговая марка ячеистого газобетона автоклавного твердения (твердеющие в среде насыщенного пара при давлении выше атмосферного) с невысоким показателем плотности.

Ячеистые бетоны относятся к легким бетонам, которые обладают пустотной структурой. В процессе смешения ингредиентов происходит равномерное газообразование, увеличивается его объем.

Марка сибита зависит от прочности. Набор прочности происходит под давлением 1 мПа и при температуре 180°C.

Блоки плотностью 300 кг/м³ используются как теплоизоляционный материал, например, для утепления бесчердачной кровли. Если плотность блоков от 500 до 900 кг/м³, то их можно использовать для кладки самонесущих стен и перегородок. При плотности выше 1000-1200 кг/м³ блоки газобетона используются для возведения конструктивных элементов зданий.[3]

Возможна комбинация блоков в зависимости от функционального назначения.

Сибит является легким материалом: стандартный блок (20x25x60 см), весом 18 кг, равен кладке из 15 кирпичей, весом 60 кг; и обладает хорошей звуко- и теплоизоляцией. Теплопроводность блоков ниже кирпича приблизительно в 4 раза, то есть зимой в таком доме будет тепло, а летом будет поддерживаться комфортная прохлада, благодаря своей пористой структуре. Использование сибита позволит вам значительно сэкономить на отоплении.

Фундамент для дома из облегченного материала не требует тяжелого и массивного строения, в отличие от зданий из силикатного или керамического кирпича.

По другим свойствам сибит тоже превосходит, например:

- паропроницаемость у него в 4-5 раз выше, чем у кирпича и примерно в 1,5-2 раза ниже, чем у дерева.
- высокая морозостойкость (200-250 циклов заморозки-оттаивания) в отличии от кирпича (от 35 до 150 циклов).

Дома из сибита экологически чистые, потому что при производстве материала не используются какие-либо токсичные вещества. В его состав входят только природные минеральные вещества.

Сибит очень удобный материал, при его перевозке не понадобится подъемный кран или подобная техника, податливый при монтаже, легко поддается обработке. По этой причине строительство из сибита делает возможным проектирование сложных архитектурных элементов: башен, эркеров, колонн и др.

Сибит используется в малоэтажном строительстве с максимальной высотой - 5 этажей.

Как и любой материал, у него есть свои недостатки:

Во-первых, невысокая прочность по сравнению с кирпичом и бетоном. Поэтому не желательно вешать на стены из сибита тяжелые массивные

элементы, в противном случае необходимо делать специальные укрепления из уголка.

Во-вторых, влагопроницаемость.

Во избежание образования влаги, необходимо соблюдать некоторые правила:

- хранение только под ограждением или в полиэтиленовом пакете
- стены с обеих сторон покрываются гидроизоляционным слоем
- между лицевым слоем и слоем бетона устраивается воздушная прослойка

В-третьих, хрупкость – на это нужно обратить внимание при перевозке и разгрузке блоков.

Блоки изготавливаются по четким геометрическим размерам, поэтому при укладке нет необходимости наносить большой слой для выравнивания. Кладка производится на небольшой слой специального клея, что предохраняет кладку от мостиков холода по швам.

Для упрочения стен кладка может армироваться (кладка не становится прочнее, но существенно снижается риск возникновения трещин). Наиболее целесообразно усиливать арматурными прутьями оконные и дверные перемычки (в 50 см от проема). Для этого в блоках штробятся пазы, в которые закладывается сваренная арматура и ута-

пливается в клеевом составе. Арматура берется либо 2 шт. d=8, либо 1 шт. d=10.[3]

Из сибита также производят армированные плиты перекрытия, которые не уступают по прочности железобетонным - они рассчитываются на нагрузку около 800 килограмм на квадратный метр. А монтаж таких конструкций значительно менее трудоёмок.

Библиографический список

1. ГОСТ 313602007.Издание. Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения.- М.: Изд-во стандартов, 2008.
2. Дом из сибита своими руками.- <http://stroysvoimi-rukami.ru/dom-iz-sibita-svoimi-rukami/>
3. Строительство домов из сибита. Преимущества и недостатки.- <http://semidelov.ru/mar/stroitelstvo-domov-iz-sibita/>
4. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации: СТО 501-52-01-2007. – Введ. 2007–01–25. – М.: Изд-во стандартов, 2006.

УДК 504.054:631.618

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ И ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ г. КАРАБАША
DEVELOPMENT OF CADASTRAL REGISTRATION METHODS FOR INDUSTRIAL WASTE AND LANDS AFFECTED BY INDUSTRIAL POLLUTION IN KARABASH CITY

Лонзингер А.В., аспирант; Манторова Г.Ф., к.с.х., профессор

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Поиск эффективного метода рекультивации нарушенных территорий Карабашского городского округа предлагается начать с систематизации данных в виде кадастра промышленных отходов и техногенно-загрязненных земель по разработанной методике.

Abstract. The authors suggest that the elaboration of an effective method of remediation of polluted lands in Karabash city area should commence by creating a systematic database of industrial waste and industrially polluted lands in the form of a cadastral register, which can be compiled using the methods developed by the authors.

Ключевые слова: промышленные отходы, техногенные загрязнения, рекультивация, кадастр отходов производства.

Keywords: Industrial waste, industrial pollution, remediation, industrial waste cadastre.

Проблема рекультивации земель, нарушенных в результате многолетней деятельности металлургических предприятий, наиболее актуальна для территорий с развитой тяжёлой промышленностью, таких как Челябинская область. Основными источниками загрязнения почв и воды тяжелыми металлами являются теплоэлектростанции и металлургические предприятия, которые сбрасывают в окружающую среду аэрогенные токсичные отходы, сточные воды и твёрдые отходы в виде золы, шламовых и шлаковых отвалов [1].

В Челябинской области находится наиболее загрязнённая, по мнению экологов, территория города Карабаша. В результате деятельности Карабашского медеплавильного завода (КМК) в городе сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка. Огромная площадь нарушенных земель, загрязнение почв, атмосферного воздуха, водоемов, подземных вод вредными веществами, чрезмерная антропогенная трансформация растительности сформировали техногенную природную среду, которая заместила собой исходные экосистемы [2].

Основным типом зональных почв в районе г. Карабаша являются серые и темно-серые лесные почвы. В природных условиях этот тип почв характеризуется субнейтральной или слабокислой реакцией почвенного профиля с pH от 5,8 до 6,7, низким содержанием оснований (Ca^{++} и Mg^{++}). Содержание гумуса не превышает 4-4,5% [3]. Все это определяет невысокую природную буферность таких почв и их слабую комплексобразующую способность для связывания поступающих с аэральным потоком тяжелых металлов, т.е. их способность противостоять техногенным нагрузкам. Несмотря на снижение выбросов медеплавильного производства в последние годы, экологическая ситуация в регионе, возникшая в результате деятельности

КМК, остается крайне сложной. В течение этого периода были созданы предпосылки для развития активных деградиционных процессов – техногенного загрязнения отвальными породами, эрозии почв и исчезновения растительного покрова. Помимо прямого уничтожения растительности на всей площади размещения твердых отходов, техногенные минеральные скопления складированы без какой-либо предварительной подготовки поверхности, которая могла бы обеспечить защиту подстилающих грунтов и грунтовых вод от загрязнений токсикогенными минеральными скоплениями.

В сентябре 2014 года в Карабаше были проведены исследования по определению местоположения основных промышленных отходов и химическому составу промышленных отходов в отвалах. Методика исследования включала определение химического состава проб отвалов на атомно-эмиссионном спектрометре «Optima 2100 DV».

На территории Карабашского городского округа расположены промышленные отходы, общей площадью 159 га, которые отличаются составом, структурой и степенью влияния на окружающую среду:

1. Отвалы литых шлаков, объемом 2 млн. тонн, занимающие территорию 3,3 га.

2. Хвостохранилища (старогодние хвосты обогащения руд) № 1, 2, 3, 4. Хвостохранилища № 1, 2, 3 расположены к югу от территории ЗАО «Карабашмедь» в объеме 5,9 млн. тонн на территории 34,38 га. Площадь хвостохранилища № 4, расположенного на запад от очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации г. Карабаша, составляет 24,0 га в объеме 3,3 млн. тонн.

3. В северной части города в районе Ольховского пруда расположены шламы гидроокислов металлов. Объем шламов составляет 500 тыс. тонн, площадь земельного участка – 70 га.

4. Отвал гранулированного шлака, образованный в период работы Карабашского медеплавильного комбината, расположен в северной части

г. Карабаша, площадь земельного участка составляет 27,2 га, объем отвала – 9,4 млн. тонн.

В таблице 1 приведён химический состав промышленных отходов в отвалах.

Таблица 1 – Химический состав промышленных отходов в отвалах

Тип промышленных отходов	Содержание компонентов, масс %										
	Cu	Zn	S	Fe	Pb	As	Bi	Cd	SiO ₂	CaO	MgO
Литой шлак	0,49	2,13	1,1	32,2	0,09	0,07	13,71x10 ⁻⁵	5x10 ⁻⁵	30-40	8-11	2-5
Шламохранилище №1-3	0,25	0,33	33,4	25,4	0,07	-	1,1x10 ⁻⁵	3,9x10 ⁻⁵	20-26	0,5	2-4
Шламохранилище №4	0,2	0,4	25,0	15,0	0,02	-	4,31x10 ⁻⁵	3,6x10 ⁻⁵	30-35	0,7	3,5
Гранулированный шлак	0,34	1,86	0,54	31,9	0,07	0,03	8,6x10 ⁻⁵	0,25x10 ⁻⁵	30-40	8-11	2-5

Данные таблицы показывают, что вещества первого класса опасности (мышьяк, кадмий, свинец и цинк) распределены в отходах производства неравномерно. Наиболее обогащены цинком литой и гранулированный шлаки. Меньше всего свинца обнаружено в шламохранилище №4. Минимальное содержание кадмия наблюдается в гранулированном шлаке. Мышьяк в наибольших концентрациях содержится в литом шлаке. Благодаря высокому содержанию серы опасные загрязнители находятся в отходах в виде растворимых кислотных соединений, поэтому могут мигрировать на значительные расстояния по территории района под воздействием осадков в виде дождя и снега.

Очевидно, что сегодня проблема рекультивации техногенно-нарушенных земель Карабашского городского округа требует безотлагательного и эффективного решения. В последние годы наблюдается миграция тяжёлых металлов с территории промышленного района в гидросистему Сак-Элга – Миасс – Аргазинское водохранилище, последнее, в свою очередь, снабжает Шершневское водохранилище – единственный источник питьевой воды города Челябинска. Альтернативный источник водоснабжения у города Челябинска отсутствует.

Решение поставленной задачи требует комплексного подхода, включающего получение данных о пространственных и геометрических параметрах и качественно-количественных характеристиках объектов складирования промышленных отходов. На данный момент отсутствует карта распределения и реестр загрязнённых территорий Карабаша, что значительно затрудняет выбор и обоснование технологии рекультивации нарушенных земель. Геолого-геодезическая и физико-химическая оценка отходов Карабашского городского округа позволит получить информацию об основных параметрах, характеризующих их качественные показатели, местоположение и объем складирования. Полученную информацию необходимо использовать для систематизации данных в виде кадастра отходов производства, размещённых на территории Карабашского городского округа.

Кадастр должен включать в себя следующие разделы:

I. Реестр объектов размещения отходов, расположенных на территории Карабашского городского округа;

II. Полная и достоверная база данных об отходах;

III. База данных о предприятиях, осуществляющих деятельность по складированию и формированию отходов.

I. Разработка реестра объектов размещения отходов основывается на картировании и районировании объектов по природно-технологическим свойствам отходов:

- пространственные и геометрические параметры объектов отходов;
- качественно-количественные характеристики объектов отходов.

На данном этапе проводится геодезическая съёмка, отбор проб грунтов для проведения физико-химического исследования. Строится карта распределения загрязнителей и гео-экологическая модель изучаемой территории.

II. База данных об отходах формируется на основе их минералого-технологической оценки, систематизации и унификации отходов по их природно-технологическим свойствам:

для жидких отходов:

- химический состав (оценка комплексности и целесообразности извлечения полезных компонентов);
- форма нахождения химических элементов (обоснование выбора технологии переработки);
- pH, окислительно-восстановительный потенциал раствора Eh.

для твердых отходов:

- химический состав (оценка комплексности и целесообразности извлечения полезных компонентов);
- минеральный состав отходов, морфологические и геометрические параметры минералов и обломков минеральных агрегатов (обоснование выбора технологии переработки или утилизации);
- истинный химический состав минералов (определение потерь ценного компонента);
- гранулярный состав отходов (оценка шламируемости отходов);
- распределения полезных компонентов по

классам крупности, раскрываемость зерен рудных минералов и распределение рудных сростков по классам крупности (выбор схемы подготовки отходов).

III. База данных о предприятиях, осуществляющих деятельность по формированию отходов:

- территориальное расположение предприятия;
- характеристика исходного сырья;
- основные технологические показатели предприятия;
- анализ технологий образования отходов и формирования техногенных объектов.

Выводы и рекомендации

1. Разработана методика и определены основные этапы проведения кадастрового учета промышленных отходов и техногенно-загрязненных земель.

2. Систематизации данных в виде кадастра отходов производства и нарушенных земель Карабашского городского округа позволит определить наиболее эффективную технологию рекультивации техногенно-загрязненных территорий.

Библиографический список

1. Сметанин, В. И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель: учебное пособие для вузов / В.И. Сметанин; под общ. ред. Н.М. Щербакова. М.: Колос, 2000. – 96 с.: ил. 96; 25 см. – Библиогр.: с. 94. – 2000 экз. – ISBN 5-1000-3501-3
2. Дзугаев М.Д. Карабаш - город "экологического бедствия" // Вестник Челябинского государственного университета. - Челябинск: Изд-во ЧелГУ, 2003, № 2. - С. 92-97
3. Исследование динамики химического загрязнения водных объектов, расположенных вблизи г. Карабаша в ретроспективе ведения наблюдений ФГУ «Челябинский ЦГМС». – <http://www.chelpogoda.ru/pages/311.php>

УДК 528.3

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ СПУТНИКОВЫХ RTK – ОПРЕДЕЛЕНИЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПУНКТОВ

FEATURES OF AN ESTIMATION ACCERACY OF SATELLITE RTC – DEFINITION OF GEODESIC OF POINTS

Жилов Д.А. аспирант, Ворошилов А.П. к.т.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет»
(национально-исследовательский университет)

Аннотация. В статье анализируется оценка точности производства геодезических и кадастровых работ при спутниковом позиционировании в режиме RealTimeKinematic (RTK). Рассмотрены методы оценки: по сравнению координат на известных пунктах, по разностям двойных измерений, по относительному положению снятых пунктов, по внутренней оценке в процессе позиционирования.

Abstract. This article deals with satellite positioning in the mode Real Time Kinematic (RTK) and analyze the accuracy of estimates of production of geodetic and cadastral works. Presented methods of evaluation: comparison to the known coordinates of points, from the difference between duplicate measurements, by the relative position of the observed points, internal evaluation in the process of positioning.

Ключевые слова: спутниковые определения, realtimekinematic, координаты, оценка точности, среднеквадратическая погрешность, внутренняя сходимости.

Keywords: determining satellite, real time kinematic, coordinates, accuracy estimation, standard error, internal convergence.

При выполнении геодезических и кадастровых работ в настоящее время получил распространение метод спутникового позиционирования RealTimeKinematic (RTK). Вместе с тем нет обоснованных данных для характеристик точности таких наблюдений, что осложняет и ограничивает практическое использование метода RTK.

С этой целью нами были проведены исследования точности спутниковых RTK-определений на основе многократных наблюдений, которые проведены на известных пунктах геодезического полигона ЮУрГУ. Измерения были выполнены геодезическим спутниковым приемником StonexS9 GNSS III относительно дифференциальной базовой станции, удаленной от геодезического полигона на 1-2 км, а также приемником TRIMBLER8, относительно аналогичной базы, удаленной от полигона на 9-10 км. Координаты x , y исследуемых пунктов полигона ранее были определены многократно разными методами (полигонометрии, спут-

никовыми определениями в режиме статики, построениями электронным тахеометром), а отметки H нивелированием IV класса. В исследованиях использовались средние значения по этим измерениям, которые принимались в качестве известных координат и отметок.

Точности спутниковых RTK-определений зависят от многих факторов, включая погрешности координат базовой станции, погрешности позиционирования, расположения спутников, влияния верхних слоев атмосферы и многого другого. Поэтому, обычная оценка точности, выдаваемая на дисплей контроллера, при обработке позиционирования может не учитывать всех факторов, так как является оценкой по внутренней сходимости.

Получить объективную оценку RTK-определений можно на основе анализа способов вычислений средних квадратических погрешностей (СКП) положения геодезических пунктов.

Позиционирование в режиме RTK с известных пунктов геодезического полигона позволило рас-

считать СКП определения координат m_x, m_y, m_H по формулам:

$$m_x = \sqrt{\frac{((\delta x)^2)}{n}}; m_y = \sqrt{\frac{((\delta y)^2)}{n}}; m_H = \sqrt{\frac{((\delta H)^2)}{n}}, \quad (1)$$

где $\delta x = x_{RTK} - x_{static}$, $\delta y = y_{RTK} - y_{static}$, $\delta H = H_{RTK} - H_{static}$;

$x_{RTK}, y_{RTK}, H_{RTK}$ – средние значения координат по двум измерениям RTK; $x_{static}, y_{static}, H_{static}$ – координаты геодезических пунктов, принятые известными по средним значениям измерений тахеометром и в режиме статики; n – количество пунктов в исследовании.

По формулам (1) получены среднеквадратические погрешности: $m_x = 65,2$; $m_y = 35,9$; $m_H = 35,8$ мм. Отклонения средних значений

RTK-определений от значений координат пунктов полигона составили при этом:

δx от 0,039 до 0,086 м; δy от 0,003 до 0,057 м; δH от 0,005 до 0,058 м.

При сравнении оценок точности были определены также значения СКП планового положения пунктов m_t .

Затем была выполнена оценка точности по разностям двойных RTK определений, которые проводились по тем же пунктам через 6 месяцев. При этом СКП вычислялись по формулам:

$$m_{\Delta x} = \sqrt{((\delta x)^2) / 2n}, m_{\Delta y} = \sqrt{((\delta y)^2) / 2n}, m_{\Delta H} = \sqrt{((\delta H)^2) / 2n}, \quad (2)$$

где $\delta x = x_1 - x_2$, $\delta y = y_1 - y_2$, $\delta H = H_1 - H_2$;

x_1 – значения координат 1 измерения; x_2 – значения координат 2 измерения этого же пункта; n – количество пунктов в исследовании.

По результатам проведенной оценки по формулам (2) получены следующие величины СКП:

$m_{\Delta x} = 10,1$; $m_{\Delta y} = 8,7$; $m_{\Delta H} = 42,2$ мм.

В таблице 1 приведены также результаты внутренней оценки позиционирования.

СКП горизонтального положения составило 12,2 мм, СКП высотного положения 16,6 мм.

Приведенные результаты показывают, что оценки точности одних и тех же RTK-определений не совпадают. Расхождение координат x , y и отметок H могут быть вызваны не только погрешностями

RTK-определений, но и малым смещением системы координат базового пункта относительно геодезического полигона. Поэтому дополнительно были выполнены оценки точности взаимного положения измеренных пунктов путем вычисления СКП расстояний (m_D) и СКП превышений (m_h). При этом горизонтальные расстояния вычислялись по координатам пунктов RTK-определений и координатам полигона, а превышения по аналогичным отметкам пунктов.

Таблица 1- Оценка по результатам внутренней сходимости

Номер точки	HSDV, м	VSDV, м
D2	0,012	0,016
111	0,014	0,017
113	0,016	0,020
112	0,019	0,023
101	0,010	0,014
102	0,009	0,012
104	0,012	0,018
105	0,012	0,020
509	0,014	0,019
108	0,008	0,012
Боровой	0,008	0,012
516	0,007	0,011

Для нахождения СКП расстояния m_D и СКП превышения m_h использовались те же средние значения координат и высот, что и в формулах (1). При этом применялись формулы:

$$m_D = \sqrt{\frac{((\delta D)^2)}{r}}, m_h = \sqrt{\frac{((\delta h)^2)}{r}}, \quad (3)$$

Были получены следующие величины: $m_D = 9,8$; $m_h = 21,9$ мм.

Данные выполненных оценок сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Вычисленные СКП по результатам исследований

Способы оценки	$m_x, мм$	$m_y, мм$	$m_b, мм$	$m_H, мм$	$m_D, мм$	$m_h, мм$
1. Оценка точности по координатам известных пунктов	65,2	35,9	74,4	35,8	-	-
2. Оценка точности по разности двойных измерений	10,1	8,7	13,3	2,3	-	-
3. Оценка взаимного положения пунктов	-	-	-	-	9,8	21,9

В результате проведенных оценок и их сравнения можно сделать следующие выводы:

1. Результаты оценок СКП для RTK-определений по формулам (1), (2), (3) и по данным внутренней сходимости не совпадают. Поэтому реальная точность может отличаться от выдаваемой на контроллере прибора при полевой обработке позиционирования.

2. Величина погрешности измерений, полученная по известным координатам геодезических пунктов, больше, нежели данные других оценок. Следовательно, имеет место малое смещение систем координат из-за привязки к разным пунктам ГГС, которые в настоящее время в Челябинске не-

достаточно для спутниковых определений увязаны в единую сеть.

3. Оценка положений пунктов по результатам полевой обработки дает заниженные значения СКП, так как не учитывает ряд факторов реальных воздействий на базу и ровер в момент позиционирования. Поэтому рекомендуется дополнительно проводить оценку точности по формулам (2) и (3). При наличии известных пунктов их также следует включать в программу измерений.

4. СКП положения пунктов, определенных методом RTK, практически всегда больше 10 мм, что следует учитывать при проектировании геодезических работ на объектах строительства и кадастра.

УДК 332.28 + 631.158

КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКИМИ ТЕРРИТОРИЯМИ

CADASTRAL VALUATION AS AN ECONOMIC MECHANISM OF URBAN LAND MANAGEMENT

Аршакян Д. Ю., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Рассмотрены экономические механизмы управления городскими территориями. Показана необходимость проведения кадастровой оценки земель и построения рельефа ценности городских территорий в целях управления городскими территориями.

Abstract. It is reported about economic mechanisms of urban land management. It is shown that it is necessary to implement the cadastral land valuation and the construction of the value relief of urban areas for the urban land management.

Ключевые слова: управление земельными ресурсами, экономический механизм, кадастровая оценка, земли населенных пунктов, эффективность управления городскими территориями, налогообложение земель

Keywords: land management, economic mechanism, cadastral valuation, land settlements, the management of urban areas, land taxation

Управление земельными ресурсами охватывает весь спектр общественных отношений — от социального до экономического, правового, экологического и других видов управления. Поэтому управление земельными ресурсами — это систематическое, сознательное, целенаправленное воздействие государства и общества на земельные отношения. Это воздействие основано на познании объективных закономерностей в целях обеспечения рационального и эффективного функционирования земельных ресурсов страны. Под рациональным использованием земли можно понимать наиболее эффективный (с точки зрения обеспечения потребностей государства и общества) способ ее использования с учетом конкретных природных, экономических, социальных и политических условий в соответствии с объективно существующими принципами взаимодействия общества и природы [1].

Механизм управления земельно-имущественным комплексом в регионах может быть рассмотрен как комплекс трех подсистем: подсистемы правового, организационного и экономического обеспечения (учет, регистрация прав, оценка), создающей методическую базу и инфраструктуру для управленческих решений; подсистемы массового регулирования (налогообложение, зонирование), обеспечивающей воздействие органов управления на субъекты прав; подсистемы индивидуального регулирования, предназначенные для воздействия на отдельные субъекты социально-экономической деятельности. Таким образом, в основе методологии управления объектами земельно-имущественного комплекса всеми тремя формами собственности владением, пользованием и распоряжением - должны быть организационно-правовые и экономические методы [2].

Механизм экономического регулирования управления земельными ресурсами формируется системой мер экономического воздействия, направленных на реализацию земельной политики государства, обеспечение прав землевладельцев и землепользователей, установление социально справедливых платежей за землю, экономическое стимулирование рационального и эффективного землепользования, введение экономических санкций за нерациональное использование и ухудшение экологического состояния земельных участков, на защиту земельных угодий от порчи и ухудшения их экологического состояния, незаконного захвата и разбазаривания.

Система экономических регуляторов управления земельными ресурсами включает:

- земельный налог;
- арендную плату за землю;
- рыночную цену земли;
- залоговую цену земли;
- компенсационные платежи при изъятии земель;
- компенсационные выплаты при консервации земель;
- платежи за повышение качества земли;
- штрафные платежи за экологический ущерб;
- налоговое обложение при гражданском земельном обороте;
- плату за право аренды и т. д. [1].

Происхождение изменений в экономической жизни Российской Федерации, связанные с созданием современной рыночной экономики, определили роль и значение управления земельными ресурсами, особенно в городских населенных пунктах. Причиной этому послужил тот факт, что земля стала объектом недвижимости, а соответственно и объектом гражданских правоотношений. Рыночные отношения требуют принципиально новых подходов к формированию и осуществлению земельной политики. Особенно это актуально для крупных городов, обладающих материальными ресурсами и высоким интеллектуальным потенциалом, что позволяет быстро и эффективно мобилизовать рыночный потенциал земельных ресурсов, привлечь инвестиции в наиболее важные сферы жизнедеятельности города. Чем больше площадь города и его население, тем существеннее дифференциация в стоимости земельных участков на окраине и в центре города [3].

Городская земельная недвижимость в целом включает в себя сложную совокупность объектов специализированной собственности (земли, не подлежащие рыночному обороту) и объектов, включенных в систему рыночных земельных отношений. Для обеспечения возможности полноценного оборота этих объектов, прежде всего, необходима информация об их стоимости с учетом сложившейся специфики городского землепользования и земельного рынка, а также особенностей нормативно-правового регулирования российского и местного законодательства [4].

В настоящий момент проблема получения обоснованных сведений о стоимости земель в городах является довольно острой, поскольку от качества такой информации зависит принятие эф-

фективных управленческих решений, которые позволили бы приносить доход как городу в целом, так и его жителям — правообладателям объектов недвижимости. Таким образом, управление городскими территориями не возможно без проведения оценки данных земель.

Основной целью кадастровой оценки городских земель в настоящее время является определение качественных характеристик и условий, от которых зависит стоимость земли, а также анализ их структуры, влияющей на процессы создания и воспроизводства земельной недвижимости, всей системы городских земель, включая инженерную, транспортную, социальную и иные составляющие инфраструктуры. При этом важна не только общая оценка влияния на стоимость различных ценообразующих факторов, и прежде всего связанных с топологическим расположением городских объектов, но и их дифференциация по территории города, землям различного функционального назначения, административным образованиям. Немаловажное значение имеет определение локальных балансов затрат и поступлений, характеристик эффективности использования городских земель и возможностей ее повышения. И здесь, безусловно, важную роль играет информация об относительной градостроительной ценности различных территорий, функциональное зонирование города в соответствии с генеральным планом его развития [5].

Рельеф стоимости городских земель отображает физическую географию и инженерную экологию территории города, взаимное размещение и взаимодействие функциональных объектов, общий и локальный уровень развития инженерной инфраструктуры, условия сообщения и развитость городского транспорта, наличие локальных фокусов притяжения людских потоков, экологические характеристики различных территорий и даже такие социально-психологические характеристики как престиж и репутация различных городских районов [6].

Фискальная функция налогообложения земли хотя и является основной и сохраняет свою актуальность, тем не менее не является единственной. Налогообложение земли призвано выполнять и иные функции, прежде всего регулирующую, обеспечивая экономическое воздействие на поведение землевладельцев и землепользователей. Кроме того, налог на землю — необходимый элемент системы управления земельными ресурсами, который призван обеспечивать помимо наполнения бюджета рациональное использование земли как важнейшего экономического ресурса, естественного пространственного фактора, обеспечивающего развитие субъекта РФ и муниципальных образований как социально-экономической целостности. Поэтому целесообразно доходы от земельного налога направлять в бюджет развития регионов и муниципальных образований для развития инновационной и инвестиционной деятельности [1].

Основным недостатком действующей в Российской Федерации системы налогообложения земель населенных пунктов является направленность на фактическое, а не на наиболее эффективное использование земельного участка при определенной ставке налогообложения.

Необходимость в получении достоверной оценочной стоимости земельных участков испытывают как государственные и муниципальные органы власти при управлении земельными ресурсами, планировании перспективного развития поселений, проведении рациональной земельной и налоговой политики, так и частные субъекты земельного права при совершении разного рода сделок с землей, для целей определения наиболее рационального, наиболее эффективного развития того или иного региона, или того или иного конкретного земельного участка.

Необходимо разработать такие алгоритмы определения стоимости земли в городских населенных пунктах, которые бы позволили структурировать имеющиеся методы определения стоимости городских территорий и сделать процедуру оценки более прозрачной. Это даст возможность построить рельеф ценности городской земли, определить влияние наиболее значимых факторов, снижаемых ее ценность, что позволит повысить эффективность управления городскими территориями.

Сведения кадастровой оценки земель могут быть также использованы для оценки эффективности существующего функционального использования территории и расчетной поддержки проектных разработок генерального плана города в части стоимостных характеристик в имитационном режиме [6].

Таким образом, совершенствование методов проведения кадастровой оценки земель населенных пунктов позволит развить не только систему налогообложения и увеличить количество доходов, поступающих в местную казну, но и в целом позволит повысить эффективность управления городскими территориями, стимулировать развитие инвестиционных процессов и развитие экономики в целом.

Библиографический список

1. Варламов, А. А. Земельный кадастр. В 6 т. Т. 2. Управление земельными ресурсами. - М.: КолосС, 2004. - 528 с.
2. Хаметов, Т. И. Содержание системы управления земельно-имущественным комплексом / Вестн. Самар. гос. экон. ун-та. Самара, 2007. № 5 (31)
3. <http://www.landregister.ru/>
4. Игнатьев, Ю. В. Территориальные ресурсы города: градостроительство и управление городскими территориями: монография / Ю. В. Игнатьев, А. М. Костин, С. А. Белов. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. — 147 с.
5. Воищев, А. В. Массовая кадастровая оценка городских территорий с помощью геоинформационных систем и технологий искусственного интеллекта-нейронных сетей: дис. канд. экон. наук / А. В. Воищев. — Воронеж, 2004. — 175
6. Ромм, А. П. Концепция кадастровой оценки городских земель на основе градостроительного подхода // RWAY. — июнь 2007. — № 39.

УДК911.5+712+711.4

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

THREE-DIMENSIONAL ORGANIZATION OF THE LANDSCAPE AND ECOLOGICAL FRAME AGGLOMERATION OF CHELYABINSK

Белов С.А., к.г.н., доцент; Мельникова М.Н., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. В работе рассмотрены основные составляющие элементы ландшафтно-экологического каркаса Челябинской городской агломерации, его состояние и пространственная иерархия. На разном пространственном уровне предложены рекомендации по дальнейшему перспективному развитию в г. Челябинске каркаса относительно малоизмененных человеком территорий и их влияния на современную планировку и застройку территории

Abstract. The paper discusses main elements of the landscape and ecological frame agglomeration of Chelyabinsk, its condition and spatial hierarchy. Many-sided spatial level offers recommendations for further long-term development of Chelyabinsk frame comparatively little changed territories and their influence on modern city planning.

Ключевые слова: экологический каркас, рекреация, антропогенная трансформация, агломерация, ландшафтная экология

Keywords: ecological frame, recreation, anthropogenic modification, agglomeration, landscape ecology.

Под устойчивым развитием понимается единая стратегия развития общества на основе гармоничного сосуществования с природой.

Современная крупная городская агломерация чаще всего не является территорией с устойчивым развитием, так как представлена искусственной средой, где население живет на ограниченных пространствах весьма компактно. Развивая инфраструктуру, торговлю, материально-техническую базу общество создает для себя комфортные ус-

ловия формируя специфическую урбосреду обитания. Однако поддержание довольно благоприятных ее условий требует внесения в урбоэкосистему дополнительной энергии, что порождает нарушение естественных круговоротов вещества в природе и в частности в неспособности экосистемы перерабатывать формируемые городом загрязнения. Соответственно, происходит постоянное накопление вредных веществ в городе, что начинает сказываться на здоровье населения. К тому же совре-

менная доминирующая архитектура зачастую вызывает психологический дискомфорт и эффект «каменных» джунглей.

Минимизировать вредное воздействие загрязнений и улучшить психологический климат в городской среде могут сохранившиеся природные и природно-антропогенные объекты с относительно хорошим экологическим состоянием. Данными объектами являются леса, лесопарки, парки, скверы, озера, реки, пруды и т.д.

Сохранив участки природных территорий и, развивая дополнительные культурные ландшафты, особенно в спальных районах и у промышленных предприятий, можно улучшить состояние формируемого ландшафтно-экологического каркаса, например, для Челябинской агломерации, имеющего иерархию и структурированность.

Таким образом, **целью** работы является выявление вариантов организации ландшафтно-экологического каркаса городской агломерации на разном пространственном уровне для оптимизации градостроительной деятельности.

Возникает вопрос в грамотной трактовке ландшафтно-экологического каркаса. Он может характеризоваться как природно-антропогенная система, состоящая из относительно мало измененных ареалов территории, окруженных санитарными буферными зонами и транспортными линейными коридорами, соединяющих их между собой в единый «скелет» территории.

В территориальном плане данный каркас во многом повторяет контуры ландшафтов и их морфологических элементов, что может говорить о его иерархичности. Оренбургские ученые считают, что

каркас служит главным объектом для проведения ландшафтного планирования [1,4].

В научной среде выделяют не менее 3-4-х пространственных уровней экологического каркаса. В пределах городской агломерации можно выделить пространственные уровни каркаса районного и местного ранга, который также как и малые морфологические элементы ландшафта (урочища и фации), очень динамичен, изменчив и легко раним. Следовательно, говорить об ландшафтно-экологическом каркасе как о природной составляющей города не приходится, так как в лучшем случае ядра и транспортные коридоры являются природно-антропогенными с относительно малыми размерами. А нехватка отдельных ядер или транспортных коридоров очень часто ставит под сомнение выделение целого скелета относительно мало измененной территории.

Соответственно, можно сделать допущения, что для его функционирования необходимо выделить не только имеющиеся относительно экологически чистые районы, но и обосновать необходимость создания дополнительных элементов каркаса.

В пределах Челябинской агломерации можно выделить ряд территорий, которые уже сейчас играют роль элементов зеленого «скелета» Это в первую очередь, Городской и Каштакский лесопарки, лесной массив на северо-западе, Ужовский бор, крупные озера и болота, пригородные лесные массивы, сеть парков, скверов, отдельных небольших рощиц. (рис. 1). Транспортными коридорами можно считать р. Миасс, р. Караси, р. Биргильда, р. Зюзелга и др. да ее почти полностью деградированные притоки с долинами внутри самого г. Челябинск.

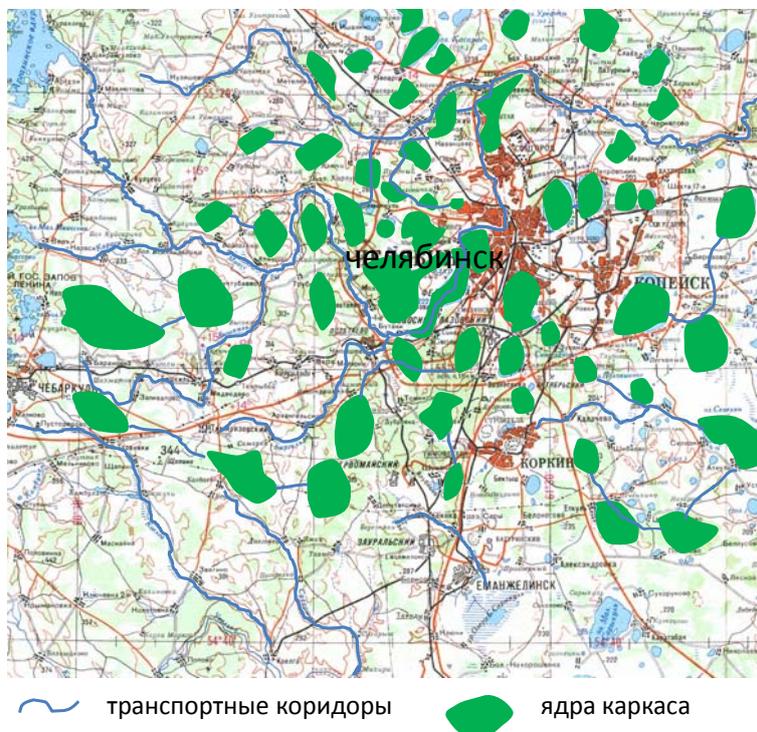


Рис.1. - Карта-схема элементов ландшафтно-экологического каркаса Челябинской агломерации

Вокруг ядер каркаса должны быть организованы буферные территории, но на практике, таких либо нет, либо они прерывистые или находятся в

плачевном состоянии, это плохо сказывается на выборе территорий под новую планировку и застройку (на уровне агломераций не выделялись).

С учетом того, что многие элементы экологического каркаса не только являются местами концентрации растительного и животного мира, но и несут в себе большую рекреационную роль, должны по возможности находиться вблизи мест проживания, учебы или работы основной части населения. Рекомендуемое расстояние, которое необходимо преодолеть от дома до озелененной территории или водоема не должно превышать 1 км, а в реальности местами составляет до 3-4 км (рис. 2.).

Используя ландшафтно-экологические и картографические методы, в пределах границ города тоже выделены существующие элементы каркаса. Как видно по рисунку 2, основные его звенья очень не равномерно рассредоточены по территории города. Выделяется обилие озелененных и обводненных территорий в Центральном районе и острый дефицит данных объектов в Ленинском, Советском и Калининском районах.



Рис. 2. - Карта-схема ландшафтно-экологического каркаса г. Челябинска

На основе учета ландшафтной специфики и рекреационного анализа городской среды, предложены варианты размещения новых составляющих "скелета" территории (рис. 2.).

Однако, не во всех случаях возможно проведение экологического коридора. В частности, не решён вопрос об их проведении через автомагистрали. Транспортных коридоров планируется около 35. Планируемые микроядра должны с учетом планировки кварталов и рекреации располагаться ближе, чем 2 км друг от друга (то есть учитывать пешую доступность). Новых микроядер планируется около 20.

Следующий пространственный уровень каркаса рассмотрим на примере Курчатовского района, площадь которого составляет 56 км².

Таблица 1 - Площадь ядер экологического каркаса Курчатовского района

Состав каркаса	Площадь, км ²
Повседневные лесные рекреации	5,11
Садовые товарищества	6,01
Парки	0,09

Ландшафтно-экологический каркас территории представлен совокупностью лесных рекреаций, искусственных территорий, таких как садовые товарищества и парки. Это узлы местного ранга (табл. 1).

Каналы миграции представлены на местном уровне. На восточной части района канал миграции – река Миасс. Буферные зоны, в основном, расположены вокруг лесных рекреаций на юго-западе и северо-востоке района ближе к центральной части территории. В жилом центре района находится ПКМО Курчатовского района и сквер на пересечении улицы Красного Урала и Комсомольского проспекта.

Для оценки ландшафтно-экологического каркаса на локальном уровне был выбран микрорайон №7 Курчатовского района, так как расположен рядом с ТРК Фокус (ул. Молдавская, 16), и предполагает благоустройство и озеленение для улучшения внешнего вида территории. Площадь микрорайона 0,46 км². Отметки рельефа 258-260 м. Преобладает среднеэтажная и многоэтажная жилая застройка. Буферные зоны рассматриваются как измененные окружающие территории.

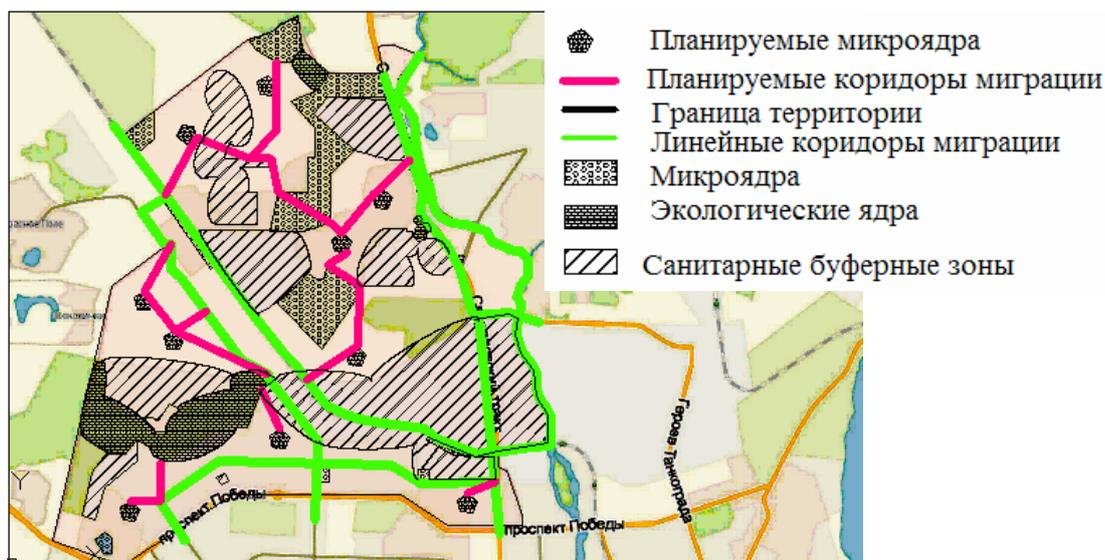


Рис.3. - Карта-схема ландшафтно-экологического каркаса района



Рис. 4. - Карта-схема каркаса микрорайона №7 г.Челябинска

Рис. 4 показывает, что, из-за плотной застройки, линейные коридоры миграции проведены вдоль двойной посадки деревьев. Согласно СП 42-13330-2011 [2] озеленение территории должно составлять 25% от площади всей территории. В данном микрорайоне озеленение составляет 18%. Лесной рекреации и искусственных зон данная территория не имеет.

Вариант организации каркаса в районе и микрорайоне

На рис. 3 показан экологический каркас, который отражает состояние территории Курчатовского района в данное время. В основном, на территории не хватает микроядра на севере и северо-западе (Шагол), и, на юге и юго-востоке (Комсомольский проспект, ул. Молодогвардейцев, ул. Красного Урала), так как являются периферийными районами города.

На районном уровне должна производиться эколого-хозяйственная организация территории, важнейшей задачей которой является распределение и перераспределение антропогенных нагрузок

по видам использования земель с целью улучшения качества природной среды и избегания возникновения экологических проблем. Добиться этого можно путем совершенствования структуры землепользования на основе эколого-хозяйственного баланса территории [3].

Для Курчатовского района следует применить такие меры, как:

1. Исследовать незастроенные земельные территории (Шагол) и расположить на них микроядра так, чтобы не только создать новые коридоры миграции, но и сохранить уже имеющиеся. Например, парки, лесные массивы, крупные сады и т.д.
2. Обеспечить примыкание искусственных лесов к естественным, для того, чтобы обеспечить возможности миграции в новые посадки всего спектра организмов, живущих в почвах, под лесом и других лесных организмов с ограниченными возможностями миграции.
3. В соответствии с СП 42-13330-2011 [1] площадь территории городских парков следует применять не менее 15 Га. Площадь территории ПКИО Курчатовского района в 3 раза меньше нор-

мы. Данную территорию следует либо расширить, либо реконструировать в сквер или сад.

4. За счет общественных либо муниципальных средств оборудовать малыми архитектурными формами сады и парки района, благоустроить лесные и рекреационные зоны.

5. Предусмотреть питомник древесных и кустарниковых растений и цветочно-оранжерейные хозяйства с учетом обеспечения посадочным материалом группы городских и сельских поселений.

6. Произвести благоустройство подходов и подъездов к садовым товариществам.

В масштабах микрорайона возможно проведение следующих мероприятий:

1. Реставрация малых архитектурных форм, установка новых элементов и т.д.

2. Подрезка и высадка новых деревьев, кустарников, разбитие цветочных клумб, удаление ветхой растительности.

3. Благоустройство детских, спортивных и хозяйственных площадок.

4. Использование незастроенных площадок для новых микрорайонов.

Библиографический список

1. Чибилева В.П. Формирование природно-экологического каркаса Оренбургской области // Геоэкологические проблемы степного региона. – Екатеринбург, 2005. – С. 285-298.
2. СП 42-13330-2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений»
3. Кочуров Б.И.. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории: Учебное пособие. – М.: 1999 – 86 с.
4. <http://ruseconet.narod.ru/orenburg1.htm> (дата обращения 5.03.2015 г).

УДК712+911.5+911.9

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДОСТУПНОСТИ НА СТЕПЕНЬ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЧЕЛЯБИНСКОГО ГОРОДСКОГО БОРА INFLUENCE OF RECREATIONAL AVAILABLE ON THE EXTENT OF HUMAN TRANSFORMATION CHELYABINSK CITY BORA

Белов С.А., к.г.н., доцент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национально-исследовательский университет)

Аннотация. В работе рассмотрены основные пространственные закономерности влияния рекреационной доступности и освоенности территории на степень антропогенной трансформации Челябинского городского бора и даны основные рекомендации по оптимизации оказываемого на памятник природы рекреационного воздействия.

Abstract. The paper discusses the basic spatial patterns influence the availability of recreational and development activities on the degree of anthropogenic transformation of the city of Chelyabinsk boron and gives basic recommendations for optimizing exerted on natural monument recreational impact.

Ключевые слова: транспортная доступность, рекреация, дигрессия, антропогенная трансформация, городской бор, ландшафтная рекреация, геоэкология

Keywords: access to transportation, recreation, digression, anthropogenic transformation, urban forest, landscape recreation, geo-ecology

В условиях проживания в крупной городской агломерации довольно остро встает вопрос о необходимости сохранения природных объектов, позволяющих восстановить умственные и физические силы горожан.

Челябинский городской бор является одним из самых посещаемых мест отдыха с разнообразным режимом рекреационного использования. Реликтовый сосновый бор остался «оазисом» относительно малоизмененной природы в условиях современной широкомасштабной городской застройки. Однако в XX веке бор претерпел значительное антропогенное вмешательство, благодаря чему его экологическое состояние заметно изменилось в отрицательную сторону.

С 1960-х годов, после объявления Челябинского городского лесопарка памятником природы, темпы уменьшения его площади и скорости деграционных изменений его геосистем снизились. Но с 1990-х годов и по настоящее время в условиях активного развития коттеджного, торгово-офисного

строительства и неорганизованного отдыха памятник природы еще в большей мере подвергся деградации: увеличилось число свалок, пожаров, отведенных участков под строительство, неорганизованных бивуаков. Экологическое состояние некоторых кварталов бора превысило порог допустимых дигрессионных изменений.

Следовательно, возникает проблема сдерживания и структурирования рекреационной нагрузки, оказываемой на городской лесопарк. Для этого необходимо уточнить и оценить пространственные особенности масштаба антропогенных трансформаций территории бора – как результата рекреационного воздействия – чтобы можно было выработать ряд стратегических и локальных мероприятий по оптимизации природопользования, по сдерживанию темпов дигрессионных изменений одной из главных озелененных территорий города Челябинска [1].

Исходя из этого проведение анализа территориального распределения геосистем с различной степенью антропогенной трансформации в Челя-

бинской городской лесопарке с учетом рекреационной освоенности и доступности является главной целью работы.

В работе применялись:

Методика оценки дигрессии древесной и кустарниковой растительности по Казанской Н.С [3]. с изменениями и добавлениями по Волковой И.И. [2] методом заложения трансект;

Методика оценка степени дигрессии территорий по ОСТ 56-100-95 [5];

Методы дешифрирования и картографического анализа космоснимков.

Исследования дигрессии геосистем лесопарка проводились преимущественно в 2009-2013 гг, с частичным уточнением в 2014 году. Через всю территорию лесопарка было проложено более десятка трансект суммарной длиной более 50 км.

Полученные результаты. По материалам полевых геоэкологических исследований с учетом схем лесоустройства и картографической обработки данных получены карты-схемы степени антропогенной трансформации геосистем, в основе которых были выбраны следующие критерии дигрессии:

1. Экологическое состояние древостоя
2. Экологическое состояние подлеска и подраста

3. Степень вытоптанности почвы до минерального основания

В результате наложения черновых схем по вышеуказанным характеристикам экологического состояния были получены интегральные карты-схемы дигрессии северной и южной частей бора (рис.1, 2).

По данным картам видно, что территориально геосистемы с различной степенью антропогенной трансформации имеют весьма мозаичный рисунок, который, на первый взгляд не имеет четкой структуры и закономерности. Но в целом, можно выявить, что доминируют геосистемы с 3 стадией дигрессии – около 40% площади территории лесопарка. Наблюдаются заметные различия в степени антропогенной трансформации в северной и южной частях бора.

В северной части на 42% доминируют геосистемы с 3 стадией дигрессии, а на 30% - с 4-5 стадией дигрессии, в то время как всего на 28% территории – 1-2 стадии. В южной части на 35% доминирует территории с 2 стадией дигрессии, на 35% - с 3-й стадией, 20% - с 4-5-й стадиями, на 10% - с 1 стадией [1].

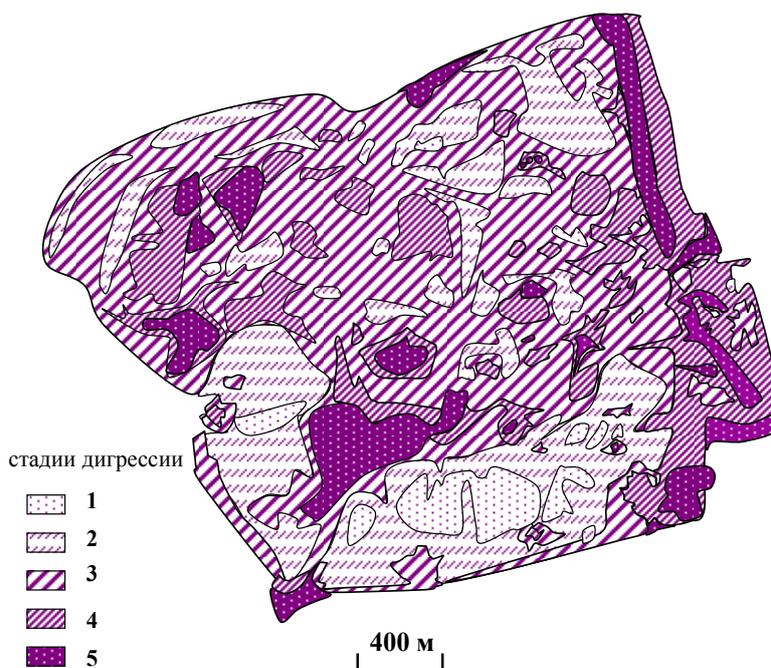


Рис.1. - Степень антропогенной трансформации северной части бора

Следует отметить, что более 70% территорий с 4-5 стадиями дигрессии расположено в пределах 400-метровой приграничной зоны лесопарка, и более 90% территории с 1-2 стадиями – лежит вне вышеуказанной 400-метровой зоны. что говорит о большей рекреационной нагрузке в зоне 5-7- минутной пешей доступности от жилых районов, а в первую очередь, от остановок общественного транспорта. Почти 90% территорий с 4-5 стадиями дигрессии расположено в пределах километровой приграничной зоны, что аналогично соответствует большой рекреационной нагрузке в пределах 15-минутной пешей доступности.

Рассмотрим подробнее степень антропогенной трансформации геосистем в отдельных кварталах лесопарка, которых насчитывается 49 (рис.3.). Можно отметить, что в наибольшей степени подверглись антропогенной трансформации – 7, 13, 18, 20, 36, 40 и 46 кварталы, а в наименьшей степени – 17, 19, 21, 23, 27-29, 32, 35, 37-39, 43, 48 кварталы.

При этом, в южной части лесопарка кварталов с доминированием геосистем с 1-2 стадиями дигрессии в 2 раза больше. Это говорит об их относительно меньшей пешей доступности в условиях относительно редкого наличия остановок общественного транспорта у ключевых дорог и троп парка,

нежели в более рекреационно освоенной северной части лесопарка, в которой более высокий уровень благоустройства, особенно «входных» зон (рис.2).

Мощнейшим фактором в пространственном распределении рекреационной нагрузки в бору является близость к нему студенческого городка ЮУрГУ, ЧГПУ, ЧГАА.

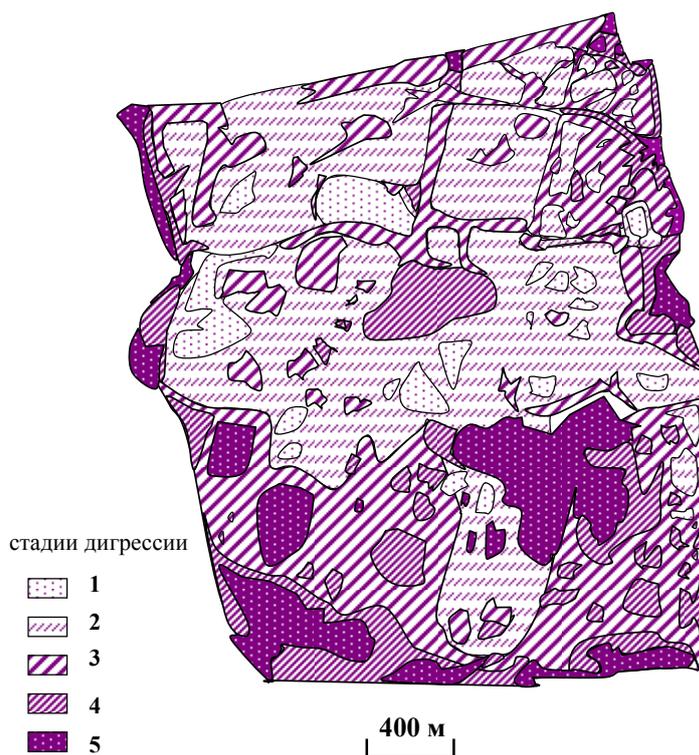


Рис.2. - Степень антропогенной трансформации южной части бора

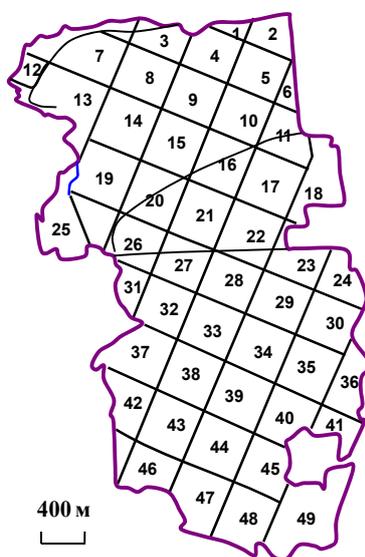


Рис.3. - Карта-схема лесоустроительных кварталов в лесопарке

То есть, можно выделить, что пространственный «рисунок» геосистем с различной стадией дигрессии зависит от следующих основных причин:

1. Удаленности общественного транспорта
2. Рекреационной привлекательности и освоенности территории
3. Величины рекреационной нагрузки
4. Уровня благоустройства и сервиса на территории.

По непосредственно полевым и расчетным косвенным данным установлено, что территории с 4-5 стадией дигрессии сформировались при оказываемой на них рекреационной плотности - более 30-40 чел/га, территории с 1-2 стадией дигрессии сформировались при рекреационной плотности, как правило, менее 15-20 чел/га. Следовательно, при рекреационной плотности около 20-30 чел/га, в

основном, сформировались геосистемы с 3-й допустимой стадией дигрессии [1].

Помимо вышеуказанной причин, например, территории с 4-5 стадиями дигрессии также активно формируются на пересечении ключевых дорог лесопарка, на территориях, где прошел сильный пожар – обычно на стихийно организуемых пикниково-кемпинговых зонах бора. В свою очередь, территории с 1-2 стадиями дигрессии расположены не только на сильном удалении от входов в парк, но и в местах не совсем удобных для отдыха – заросших долинах ручьев, рек, болотах, участках буеломов.

Обобщая полученные данные, можно отметить, что в пределах всего Челябинского городского бора доминируют геосистемы с 3 стадией дигрессии (39% от площади бора). С 1-2 стадией дигрессии – 36% территории бора; с 4-5 стадией дигрессии – 25%. Следовательно, для сдерживания темпов дигрессии городского лесопарка нужны меры по ограничению рекреационной нагрузки, оказываемой на его территорию, а также контролю доступности территории для отдыха. Для этого необходимо деление бора на участки, в различной степени нуждающиеся в ландшафтном благоустройстве и в режиме ограничения рекреации.

На территориях с 1-2 стадиями дигрессии необходимо полностью исключить кемпинговые стоянки и бивуаки, асфальтовые дорожки и веломаршруты, любые новые тропы. Здесь необходима рекомендация прогулочно-познавательного и промыслового отдыха с развитием экотроп – единовременная рекреационная нагрузка не должна превышать 10 чел/га [5].

На территориях с 3 стадией дигрессии – правомерна посадка деревьев и кустарников, четкая пространственная организация кемпинговых стоянок с применением ландшафтного дизайна, дозировка траектории веломаршрутов, ограничение числа массовых спортивных мероприятий. Рекомендуется закрепление большей части троп дресвяным и мелкощепнистым материалом, доля культурной растительности не должна превышать 10-20%. Единовременная рекреационная нагрузка при данном благоустройстве может составлять 30-50 чел/га [5].

На территориях с 4-5 стадиями дигрессии необходимы комплексные конструктивные мероприятия по рекультивации земель. С начала необходимо восстановить деградирующий почвенный покров, особенно в местах массового его вытаптывания или пожаров. После рекультивации почвы, делящейся, как правило, несколько лет необходима массовая посадка древесно-кустарниковой растительности, разбитие клумб, аллей, то есть превращение геосистем в парковые туристско-рекреационные зоны, которые бы развивались и функционировали по примеру еще выделенных Преображенским В.С. территориально-рекреационным системам, как своеобразным пространственным единицам отдыха [4].

В данных зонах должен быть четко спланирован "рисунок" природопользования, должны доминировать тропы и дороги с твердым покрытием, необходимо расставить согласно СНиП 02.01.07-89** лавочки, беседки, урны, игровые площадки.

Например, на территории с 5 стадией дигрессии при комплексном ландшафтном планировании допустима единовременная рекреационная нагрузка – до 100 чел/га [5], следовательно, например, на 2 гектарах обустраиваемой туристско-рекреационной зоны, рассчитанной на общую ёмкость в 200 человек должно быть не менее 12 четырехместных лавочек, 12 урн, объемом по 60 литров, 2 беседки размером не менее 50 м².

Для сдерживания роста территорий с 4-5 стадиями дигрессии необходимо рассредоточение рекреантов по территории парка, ограничение количества парковочных мест у бора, количества проката спортивного инвентаря. Высадка устойчивых к вытаптыванию трав и кустарников, особенно во входных участках парка. Введение запрета на пикниковый отдых вне отведенных мест, вплоть до некоторого ограждения территорий с применением штрафных санкций за нарушения.

Необходимо на законодательном уровне определить практически исчезнувшую и не функционирующую санитарно-защитную буферную зону вокруг бора с ограничением и контролем хозяйственной деятельности, в пределах которой должен быть организован плавный переход от жилой застройки к относительно не тронутым лесным геосистемам памятника природы через организацию клумб, газонов, древесно-кустарниковых куртин.

Но осуществление большинства мероприятий по природообустройству требует многоплановой консолидации ученых с экологическими, градостроительными, законодательными и рекреационными учреждениями г. Челябинска.

Библиографический список

1. Белов С.А. Территориальное распределение геосистем с различной степенью дигрессии в Челябинском городском лесопарке / Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: Материалы III Межрегиональной научно-практической конференции (Челябинск, 20 – 23 мая 2014 г.). – Челябинск: Изд-во "Край-Ра", 2014. – С. 153-157.
2. Волкова, И.И., Шаплыгина, Т.В. Перспективы формирования трансграничной особо охраняемой природной территории на Вислинской косе / И.И. Волкова, Т.В. Шаплыгина // Вестник Российского государственного университета им. Иммануила Канта. Вып. 1. Сер. Естественные науки. – Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2008. – С. 16-20.
3. Казанская, Н.С. Рекреационные леса / Н.С. Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 96 с.
4. Преображенский, В.С. Территориальная рекреационная система как объект изучения географических наук / В.С. Преображенский // Известия АН СССР. Серия географическая. - 1977. - № 2. – С. 15-23.
5. СП 42.13330.2011. Свод правил. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89** (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 820) – М., 2011.
6. Стандарт отрасли ОСТ 56-100-95 "Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы" (утв. приказом Рослесхоза от 20 июля 1995 г. N 114) – М, 1995, 8 с.

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЖИЛОГО ФОНДА В МИКРОРАЙОНЕ POSSIBLE WAYS TO INCREASE HOUSING STOCK DENSITY IN THE NEIGHBORHOOD

Горбатенко А.А., аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Изучено понятие плотности жилого фонда, рассмотрены способы повышения данного показателя, составлена таблица и построен график зависимости плотности жилого фонда от этажности застройки, сделаны выводы.

Abstract. The concept of housing stock density is studied, ways to improve this indicator are discussed, a table is compiled, the graf of correlation between housing stock density and stories of buildings is drawn, conclusions are made.

Ключевые слова: градостроительство, жилой микрорайон, плотность жилого фонда, общественная территория, этажность застройки, баланс территории, удельный показатель потребности в территории.

Keywords: urban planning, housing estate, housing stock density, the public territory, the number of storeys, the balance of the district territory, housing stock of the district, the area of apartment block, urban-planning coefficient, the specific indicator of the need for the territory.

При застройке территории микрорайона большую роль играет целесообразность использования территории, выбор типов жилых домов, их оптимальной этажности, а также эффективной плотности жилой застройки [1].

Понятие «плотность жилого фонда» σ отражает количество жилой площади в квадратных метрах (т.е. общей площади в жилых домах), приходящееся на 1 га территории микрорайона.

На территории микрорайона помимо жилой застройки располагают зоны различного назначения, величина которых (площадь участков школ, детских учреждений, озелененных территорий, спортивных площадок, участков зданий культурно-бытового обслуживания, местами хранения автомобилей) определяется нормами СНиП [2].

Один из путей повышения плотности жилой застройки в жилом микрорайоне – это уменьшение площади общественной территории микрорайона за счет:

- выноса за территорию микрорайона обособленных территорий (школ, детских садов);
- переноса на первые и цокольные этажи жилых зданий отдельных объектов обслуживания населения;
- освоения подземного пространства территории микрорайона.

Рассмотрим 4 возможные ситуации:

I ситуация, когда все элементы образовательного и культурно-бытового обслуживания располагаются на дневной поверхности микрорайона;

II ситуация, когда школьные и дошкольные образовательные учреждения выносятся за пределы микрорайона;

III ситуация, когда за пределы микрорайона выносятся школьные, дошкольные образовательные учреждения, а также переносятся предприятия общественного обслуживания;

IV ситуация, когда за пределы микрорайона выносятся школы, детские сады; предприятия торговли и бытового обслуживания располагают в цокольные или подземные части жилых зданий; автомобильные стоянки и гаражи переносят в подземное пространство.

Будем учитывать, что плотность жилого фонда рассчитывается по формуле:

$$\sigma_i = \frac{10^4 \cdot q}{f_i}, \text{ где} \quad (1)$$

σ_i – плотность жилого фонда, $\text{м}^2/\text{га}$;

q – норма жилищной обеспеченности, $\text{м}^2_{\text{жил.}}/\text{чел.}$;

f_i – удельный показатель потребности в территории, $\text{м}^2_{\text{терр.}}/\text{чел.}$

По данным исходной Таблицы 1 [3] по каждой из четырех ситуаций в зависимости от этажности домов рассчитаем значение показателя потребности в территории, а затем по формуле (1) посчитаем плотность жилого фонда σ для каждого случая. Все полученные данные запишем в Таблицу 2.

Как видно из графика, сокращение площади участков объектов обслуживания внутри жилых микрорайонов за счет укрупнения местных обслуживающих центров, активного использования первых и цокольных этажей зданий, а также освоения подземного пространства территорий позволяет повысить допустимую плотность жилого фонда в целом по жилому микрорайону на 40-50%.

Также стоит отметить, что увеличение плотности жилого фонда микрорайона в зависимости от этажности достигается следующими способами [4]:

1) за счет повышения этажности зданий при одновременном сокращении количества жилых домов на 1 га территории микрорайона, т.е. при снижении плотности застройки. В таком случае необходимы незначительные капиталовложения для увеличения мощностей инженерных коммуникаций и не требуется затрат на устройство дополнительных подводящих сетей инженерного оборудования к жилым зданиям.

2) в результате размещения на 1 га жилой территории микрорайона дополнительного количества жилых домов при неизменной этажности зданий и при постоянных нормах обеспеченности населения учреждениями культурно-бытового обслуживания и зелеными насаждениями общего пользования.

При повышении плотности жилого фонда сокращаются удельные (в пересчете на 1 кв.м. жилой или полезной площади) затраты на инженерное оборудование, благоустройство, инженерную под-

готовку территории, а значит, освоение территории микрорайона и ее эксплуатация становятся более выгодными и повышается эффективность использования городских земель.

Таблица 1 – Примерный баланс территории микрорайонов на расчетный срок (при норме жилищной обеспеченности 18 м² общей площади на 1 чел.) [3]

Элементы территории	Удельные показатели потребности в территории, м ² /чел., при застройке домами			
	2 — 5 этажей	5 — 9 этажей	9 — 12 этажей	16 — 20 этажей
Жилая территория	44,1 - 27,2	27,2 - 17,6	17,6 - 14,4	13,9 - 13,2
В том числе под:				
застройкой жилыми домами	11,6 - 4,5	4,5 - 2,5	2,5 - 2,0	1,5 - 1,3
проездами, тротуарами, автостоянками, хозплощадками	7,6 - 5,9	5,9 - 3,9	3,9 - 3,4	3,1 - 2,6
озелененными территориями	24,9 - 13,8	13,8 - 11,2	11,2 - 9,0	9,3
Общественная территория	14,4 - 11,6	11,6 - 11,1	11,1 - 10,1	10 - 9,9
В том числе под:				
участками школ	6,0 - 3,5	3,5 - 3,4	3,4 - 3,0	3,0 - 2,9
участками детских учреждений	3,9 - 3,6	3,6 - 3,2	3,2 - 2,6	2,5
участками предприятий общественного обслуживания	1,3	1,3	1,3	1,6
физкультурно-спортивными сооружениями	1,6	1,6	1,6	1,6
гаражами личных автомобилей	1,6	1,6	1,6	1,6
Итого по микрорайону	57,5 - 35,8	35,8 - 28,7	28,7 - 24,4	23,9 - 23,1
Плотность жилого фонда брутто, м ² общей площади/га	3150 – 5050 '	5050 – 6300	6300 – 6700	7550 – 7780

Таблица 2 – Зависимость плотности жилого фонда от этажности застройки

Этажность	I ситуация		II ситуация		III ситуация		IV ситуация	
	$f_{i\beta}$, м ² терр./чел	σ_i , м ² /га	$f_{i\beta}$, м ² терр./чел	σ_i , м ² /га	$f_{i\beta}$, м ² терр./чел	σ_i , м ² /га	$f_{i\beta}$, м ² терр./чел	σ_i , м ² /га
2	57,5	3130	47,6	3780	46,3	3890	44,7	4025
5	35,8	5030	28,7	6270	27,4	6570	25,8	6975
9	28,7	6270	21,9	8220	20,6	8740	19,0	9475
12	24,4	7375	18,8	9575	17,5	10285	15,9	11320
16	23,9	7530	18,4	9785	17,1	10525	15,5	11615
20	23,1	7790	17,7	10170	16,4	10975	14,8	12160

По данным Таблицы 2 построим график зависимости плотности жилого фонда от этажности застройки.

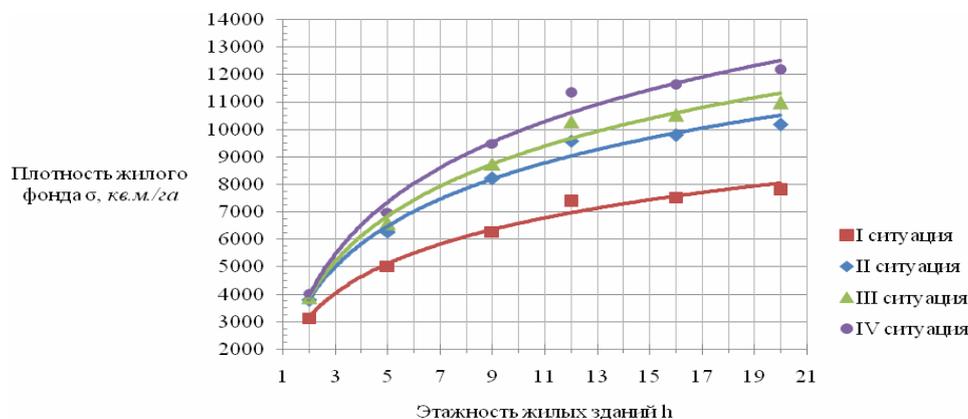


Рис. 1. - Зависимость плотности жилого фонда от этажности застройки

Библиографический список

1. Строительство, недвижимость и ремонт. – <http://www.cesmo.ru>
2. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – М., 2011. – 113 с.
3. Экономика архитектурного проектирования и строительства: учебник для вузов / В.А.варежкин, В.С.Гребенкин, Л.И.Кирюшенкина и др.; под ред. В.А.варежкина. – М.: Стройиздат, 1990. – 272 с.
4. Строительство и дизайн. – <http://www.wwwdizain.ru>

УДК 72.03+725

ПРОЕКТ П.А. СТОЛЫПИНА О ПОСТРОЙКЕ КАЗЕННЫХ ЭЛЕВАТОРОВ В РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ И СООРУЖЕНИЕ ЧЕЛЯБИНСКОГО ЭЛЕВАТОРА PROJECT PA STOLYPIN ABOUT BUILDING A BREECH ELEVATOR IN THE RUSSIAN EMPIRE AND STRUCTURES OF CHELYABINSK ELEVATOR

Здарская О.В., ст. преподаватель

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»
(национально-исследовательский университет)

Аннотация. Статья посвящена исчезающим сооружениям промышленной архитектуры начала 20 века зерновым элеваторам, построенным по решению Совета министров под председательством П. А. Столыпина - о постройке сети казенных элеваторов в Российской Империи.

Abstract. The article is devoted to endangered structures of industrial architecture of the early 20th century, grain elevators, built by the Council of Ministers, chaired by Stolypin - about the construction of a network of state-owned grain elevators in the Russian Empire.

Ключевые слова. промышленная архитектура, элеватор, зернохранилище, государственный банк.

Keywords: industrial architecture, an elevator, a granary, a state bank.

Важность предпроектных исследований для принятия решений при реконструкции, реставрации того или иного здания, сооружения очевидна.

По истории возведения сооружения можно судить об эпохе и значимости его для настоящего и будущего.

С конца 80-х годов 19 века и до 1911 г. в России были построены первые механизированные зернохранилища общего пользования.

Сезонность производства зерна заставляет создавать и хранить его запасы для удовлетворения текущих потребностей населения, нужд животноводства и создания семенного фонда.

Элеватор представляет собой механизированное зернохранилище илосного типа. Основная задача элеватора - хранение зерна и удержание его при падении цены на хлеб. Элеваторно-складское хозяйство России до 1911 г. состояло из отдельных элеваторов и складов, принадлежащих ведомствам, организациям и частным лицам. Организованной системы хлебной торговли фактически не существовало. Из-за неорганизованности хлебной торговли потери зерна были велики и оценивались в 160 млн. рублей в год.

Накануне Первой мировой войны Соединенные Штаты Америки стали резко наращивать экспортные возможности, для чего строили на перекрестках водных и железнодорожных артерий зерновые элеваторы.

Элеваторы позволяли активно влиять на состояние и ценообразование зернового рынка. России как хлебной державе, потребовалось ответить вызовам, индустриализацией сельскохозяйственного производства, а именно созданием обширной сети элеваторов.

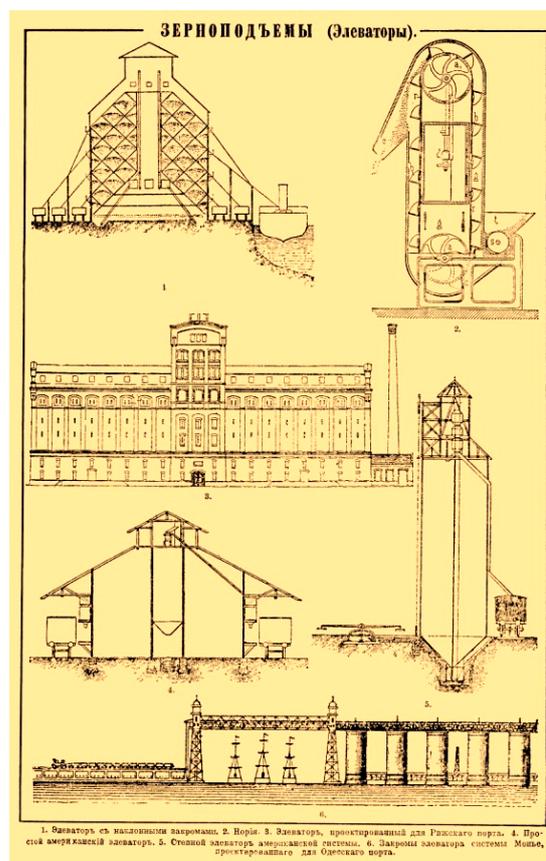


Рис. 1.- Сооружение для хранения больших партий зерна и доведения его до кондиционного состояния

25 ноября 1910 г. Совет министров под председательством П. А. Столыпина принял решение о

постройке сети казенных элеваторов. Всего планировалось построить 84 зернохранилища общей емкостью до миллиона тонн зерна.

К строительству элеваторов в России в 1910 году активно подключили Государственный банк. В его структуре был создан отдел зернохранилищ. В экономической сфере правительство П.А. Столыпина одновременно решало две задачи. С одной стороны, оно расширяло правовое пространство для свободного предпринимательства. С другой, оно заявляло о государстве как о решающем факторе существования этого пространства. Оно оп-

ределяло правила игры, гарантировало их соблюдение и непосредственно отвечало за развитие инфраструктуры.

С 1911 г. до Великой Октябрьской социалистической революции и национализации крупных зернохранилищ (февраль 1918 г.) элеваторы сооружал Государственный банк. Элеваторы, возводимые Госбанком, строились при ж.-д. станциях, речных пристанях и морских портах. Они собирали зерно из окружающих районов. По всей России намечалось возведение восьми крупных элеваторов и огромной сети мелких и средних.



Рис.2. - Чертежи инженера Петрова

Проект Самарского по своим объемам намного превосходил все остальные. Обычно правительство объявило конкурс на лучший проект. Было представлено четыре проекта. 17 июля 1913 г. при обсуждении были приняты чертежи инженера В. Г. Петрова (рис.2). Они подкупали простой, технической грамотностью и дешевизной строительства.

В сооружении и оснащении самарского элеватора принимали участие многие российские и иностранные фирмы с мировым именем. Строительство не прекращалось даже в годы Первой мировой войны.

21 сентября 1916 г. крупнейший в Европе элеватор – великолепный пример промышленной архитектуры того времени начал работу (рис.3).

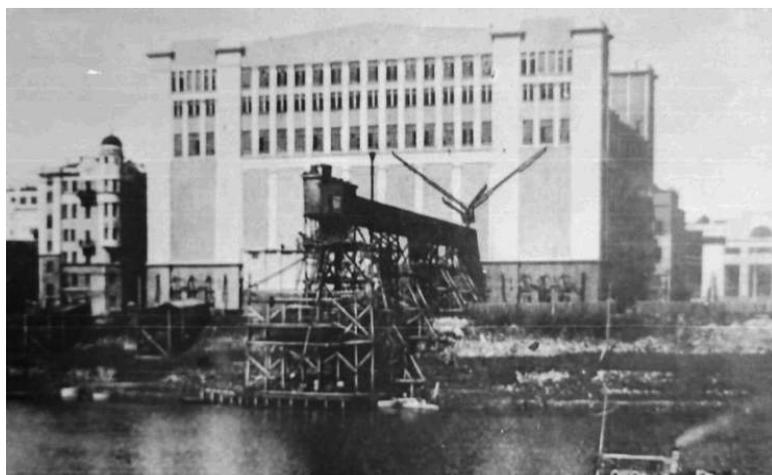


Рис.3. - Крупнейший в Европе элеватор



Рис. 4. - Комфортабельный жилой дом для обслуживающего персонала элеватора

Это был целый комплекс, включающий в себя железнодорожные пути, электростанцию, хранилище зерна, насосную станцию, шестиэтажный комфортабельный жилой дом для обслуживающего персонала элеватора. Там же была оборудована лаборатория и контора. В жилом доме имелось централизованное отопление, лифт, водопровод, канализация.

Этот элеватор служит до сих пор (рис. 4). В Челябинске вопрос о строительстве хлебного элеватора возник в 1913 г. После постройки транссибирской железнодорожной магистрали, Челябинск стал одним из крупнейших центров торговли хлебом. Построенная в исторически короткие сроки железная дорога от Челябинска до Владивостока длиной 7500 км вовлекла огромные площади Сибири и Дальнего Востока в хозяйственную жизнь страны. К тому же, территория южного Зауралья была одной из хлебных зон того времени. Потенциал города в качестве места оборота зерна был очень высок. В феврале 1913 года состоялось совещание представителей

городского самоуправления, биржевого и учетного комитетов Госбанка, на котором был решен вопрос об отводе под строительство элеватора земельного участка на окраине Челябинска, недалеко от городского сада Общественного собрания. Со временем предполагалось перенести сюда и хлебный рынок. Строить сооружение пригласили известного инженера Жукова, специализирующегося на хозяйственных зданиях.

Константин Ефимович Жуков в 1910г. окончил Санкт-Петербургский институт инженеров путей сообщения им. императора Александра I, защитив диплом с отличием. Согласно диплому он освоил три специальности - инженера-строителя гражданских зданий, железных дорог и мостов.

Сооружение элеватора началось в 1914 году. Здание было рассчитано на 1 миллион пудов. В 1916 году главный корпус элеватора был сооружен: стены были выполнены из бетона, поставлены современные жернова. В 1918–1919 гг. было установлено машинное оборудование. Элеватор вскоре стал символом города. Здание высотой 40 метров было поставлено на холме, с элеватора можно было увидеть весь г. Челябинск (рис. 5, рис. 6).



Рис. 5. - Вид Челябинского элеватора в начале 20 века



Рис. 6. - Вид на город Челябинск с элеватора.

Здание элеватора использовалось по прямому назначению до конца 1990-х гг. Старый элеватор до сих пор, даже почти через 100 лет после своего строительства, доминирует над большинством зданий Челябинска.



а



б

Рис. 7. Современный вид на элеватор:
а- спереди, б- сбоку



Рис. 8. - Балкон с ажурным ограждением

Расположенный на возвышенности, издали элеватор все так же внушителен (рис 7), но при ближайшем рассмотрении становится за него грустно. Памятник промышленной архитектуры погибает под напором времени. Еще несколько лет простоя без ремонта могут уничтожить историческое сооружение. Такие здания напоминают о том, что город имеет богатую историю. Современная застройка, плотно окружающая элеватор, к сожалению, не отличается высоким качеством архитектурных решений.

Здание элеватора продолжает активно участвовать в качестве архитектурной доминанты в формировании облика и силуэта данной части города. В архитектуре здания присутствуют черты стиля модерн. Шестизэтажное бетонное здание представляет собой в плане четырехугольник. Боковые фасады имеют по три ризалита, увенчанные изящными башенками с окнами. На боковых фасадах (западный и восточный) остались следы от пристроенных со скатными кровлями. Северный и южный фасады увенчаны криволинейными аттиками. Сами фасады имеют пять рядов полуарочных оконных проемов. Первые этажи северного и южного фасадов представляют собой незаполненные проемы между колоннами, через которые ранее осуществлялся въезд внутрь здания. Главный северный фасад оформлен балконом с ажурным ограждением (рис. 8). Балкон в своё время был защищен навесом, который на данный момент утерян. На главном фасаде сохранилась надпись с названием: «Элеватор Челябинского Банка»

Здание челябинского элеватора представляет интерес как памятник промышленной архитектуры и памятник истории края, а также памятник профессионализму инженеров которые возводили сооружения являющиеся передовыми для своего времени и способные служить людям до сих пор, при правильной их эксплуатации.

Библиографический список

1. Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона. — С.-Пб.: Брокгауз-Ефрон. 1890—1907. Зерновые склады
2. Бугров А.С, Татаринов С.А. Наравне с золотом. Зерновые закрома Государственного банка Российской империи // Родина. 2011. № 3. С. 60.
3. Боже В. С. Элеватор // Челябинск: энциклопедия / сост. В. С. Боже, В. А. Черноземцев. Изд. испр. и доп. Челябинск : Каменный пояс, 2001. С. 1060.
4. Гороховские чтения: материалы третьей региональной музейной конференции / сост., науч. ред. Н. А. Антипин. Челябинск, 2012.

**СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СУБЪЕКТА РФ
С УЧЕТОМ РАЗМЕЩЕНИЯ НОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**
DEVELOPMENT STRATEGIC PLANNING SUBJECTS
OF THE RUSSIA FEDERATION WITH ALLOWANCE THE NEW ENTERPRISES

Хамавова А.А., к.т.н., ст. преподаватель

Ростовский государственный строительный университет, РГСУ

Аннотация: При реализации планов территориального развития органами местного самоуправления выделяются зоны хозяйственного и градостроительного освоения, в которых создаются благоприятные условия для улучшения инвестиционного климата посредством законодательного регулирования градостроительной деятельности. Определение выделения и управление этими зонами требует оперативного анализа, обобщения и учета инвестиционных процессов, планирования рационального размещения производительных сил.

Abstract: With the implementation of territorial development plans by local government allocated area of economic and urban development, which creates favorable conditions for the improvement of the investment climate through legislative regulation of urban activity. Determination of the allocation and management of these areas requires prompt analysis, synthesis and consideration of the investment processes, planning, rational distribution of productive forces.

Ключевые слова: территориальное планирование, стратегическое развитие, градостроительство, устойчивое развитие территорий, комплексная оценка территории.

Keywords: spatial planning, strategic development, urban development, sustainable development of territories, comprehensive assessment of the territory.

В рамках проведения органами государственной власти активной социально-экономической политики в условиях рыночной экономики особая роль отводится территориальному планированию как элементу стратегического планирования деятельности всех уровней публичной власти по развитию соответствующих инфраструктур и по управлению территорией. Результатом территориального планирования является определение назначения территорий путем установления инвестиционных зон размещения производственных объектов.

Функциональное зонирование территорий промышленного назначения субъекта Российской Федерации является одним из основных инструментов регулирования градостроительной деятельности. Обостряются проблемы конкуренции за ограниченные территориальные ресурсы на уровне регионов, при создании органами местного самоуправления уникальных условий для привлечения инвесторов. Создание сети промышленных зон подразумевает градостроительное планирование размещения производственных объектов посредством выделения инвестиционных площадок. При этом преимущества сетевой структуры функционирования региональной инвестиционной инфраструктуры являются следствием отлаженного и научно обоснованного механизма взаимодействия между инвестиционными площадками – территориями промышленного назначения в соответствующих территориально-экономических зонах, выделенных в каждом субъекте РФ.

Организация комплексной системы мониторинга развития территории путем создания целостной информационной системы, которая позволит проводить аналитические исследования с помощью количественной и качественной оценки территориально-экономического и инвестиционного

потенциалов муниципальных образований. Решению данных задач призваны послужить паспортизация территории по показателям инвестиционной привлекательности. Ростовская область имеет достаточный потенциал для локализации на ее территории индустриальных парков в секторе промышленного производства, как в производстве конечной продукции, так и в предоставлении услуг, а, в частности, в машиностроительном комплексе и агропромышленном секторе, в легкой и химической промышленности. Основными предпосылками для развития промышленности являются:

- территориальная близость специализированных рынков;
- наличие внутреннего спроса на соответствующие виды конечной продукции и предоставляемые услуги;
- прямые и косвенные поддерживающие отрасли;
- развитость инфраструктуры;
- система дистрибуции (экспортеры, оптовая и розничная торговля).

Для эффективного размещения промышленных зон на территории субъекта РФ выполняется его комплексная оценка, выявляющая факторы, влияющие на ценность территории для ее промышленного использования. Для различных видов промышленной специализации значимы совершенно разные факторы относительной ценности территории. Комплексная оценка позволяет с разных сторон подойти к анализу территориального размещения промышленных зон и качественных характеристик потенциалов развития территории субъекта РФ, и производится в целях грамотного управления территориальным развитием и стратегического планирования региона.

Планирование оптимального размещения промышленных зон основывается на результатах

расчета рейтинга промышленной приоритетности территории в совокупности с классификацией. Методика оптимального размещения промышленных зон включает в себя метод анализа территорий с позиции формирования региональной сети промышленных зон на территории субъекта РФ.

Этот метод позволяет произвести комплексный анализ территории и планируемой промышленной зоны (индустриального парка) для ее обоснованного размещения с точки зрения градострои-

тельных регламентов, инвестиционной привлекательности, ресурсного потенциала и обеспеченности территории необходимой инфраструктурой, а также экологической безопасности.

Комплексный анализ позволяет с разных сторон подойти к анализу территориального размещения промышленных зон и качественных характеристик всех потенциалов развития территории и проводится с целью стратегического планирования и управления территориальным развитием.



Рис. 1 - Методика оценки территорий с позиции формирования региональной сети промышленных зон на территории субъекта РФ

Комплексная оценка территории складывается в результате сведения к интегральным показателям покомпонентных оценок, состав которых зависит от планируемой промышленной специализации. Изначально производится подбор факторов относительной ценности территории, подходящих исключительно для использования территории для размещения на ней производительных сил.

Процесс проведения комплексной оценки территории РО состоит из следующей последовательности действий:

1) разграничение исследуемой территории на оценочные участки (муниципальные образования и городские территории);

2) определение оценочных факторов и системы подсчета числовой выраженности каждого фактора;

3) проведение расчетов и вычисление коэффициентов значимости для каждого оценочного участка;

4) формирование результатов комплексной оценки (корректировка границ оценочных зон, нормализация вычисленных коэффициентов выраженности факторов и т.п.).

Схема алгоритма выбора мест размещения индустриальных парков выглядит следующим образом (Рис 1.). Результатом реализации данной методики является обоснованное проектное предложение по размещению промышленной зоны с учетом градостроительных регламентов, норм и правил, а также экологической безопасности.

Разработанная методика оптимального размещения предприятий и промзон включает в себя метод оценки территорий с позиции формирования региональной сети промышленных зон на территории субъекта РФ. Этот метод решает прямую и обратную задачи при оценке территории для размещения на ней промышленной зоны, тем самым позволяет произвести комплексный анализ территории и самой промышленной зоны (индустриального парка) для ее обоснованного размещения с точки зрения градостроительных регламентов, инвестиционной привлекательности, ресурсного потенциала и обеспеченности территории.

Результатом реализации данной методики является обоснованное проектное предложение по размещению промышленной зоны с учетом градостроительных регламентов, норм и правил, а также экологической безопасности.

В настоящее время территориальное планирование играет важную роль на этапе планирования бюджетных и частных инвестиций в объекты промышленного назначения, задавая при этом ориентиры для инвестиционного и пространственного развития территорий в целом. Тем не менее, стратегическое планирование развития территории субъекта РФ одновременно выступает как основной элемент обеспечения благоприятного инвести-

ционного климата в стране в целом, в каждом регионе, в каждом муниципалитете, обеспечивая прозрачность действий органов власти при развитии социально-экономической и градостроительной политики государства – развитию общественной инфраструктуры, в деятельности по снятию инфраструктурных ограничений для развития бизнеса, выделении инвестиционных зон развития промышленного сектора экономики.

Библиографический список

1. ГИС в территориальном планировании / С.Г.Шейна [и др.] // ICCBE 2010: International Conference on Chemical and Biomolecular Engineering. – Ноттингем: Nottingham University Press, 2010 – с. 129 – 141.
2. Градостроительное обоснование размещения промышленных зон на территории субъекта РФ на примере Ростовской области Хамавова А.А.: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.22 / Московский государственный строительный университет. Ростов-на-Дону, 2013
3. Малоян Г.А. Основы градостроительства: учеб. пособие. – М.: АСВ, 2004. – 120 с.
4. Матвейко Р.Б. Методические основы геоинформационного обеспечения управления развитием территории: дис... канд. техн. наук. – М., 2011. –154 с.
5. Шейна С.Г., Матвейко Р.Б. Концептуальная модель оценки уровня социально-экономического развития территорий и формирование стратегий развития инвестиционной политики [Электронный ресурс] // - Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/993> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Хамавова А.А. Методика формирования инвестиционного паспорта муниципального образования субъекта РФ// Инженерный вестник Дона (электронный журнал). – 2013. –№ 2.
7. Шейна С.Г., Хамавова А.А. Разработка информационно-аналитического обеспечения инвестиционно-градостроительных программ // Журнал «Научное обозрение» – № 6 - г. Москва - 2012. - 628с. – С. 111-114.

УДК 614.84

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

FIRE SAFETY OF CONSTRUCTION OBJECTS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Переславцева И.И., ст. преподаватель; Бунина Э.Н., магистрант; Бганцов С.И., магистрант

ФБГОУ ВПО Воронежский ГАСУ

Аннотация. В связи со значительными темпами развития строительства все более актуальными становятся вопросы пожарной безопасности зданий и сооружений. В работе приведены статистические данные о пожарах и их последствиях в РФ и остальном мире. Показано, что значительное количество погибших при пожарах обусловлено тем, что люди не успевают эвакуироваться из зданий и сооружений.

Abstract. In connection with considerable rates of development of construction more and more actual there are questions of fire safety of buildings and constructions. In work statistical data on fires and their consequences are provided in the Russian Federation and other world. It is shown that a significant amount of victims at fires is caused by that people don't manage to be evacuated from buildings and constructions.

Ключевые слова: строительство, пожарная безопасность, опасные факторы пожара, люди, ущерб, объект, время эвакуации.

Keywords: construction, fire safety, fire factors, people, damage, object, evacuation time.

Основной задачей деятельности органов государственной власти в области пожарной безопасности является обеспечение необходимых условий для динамичного развития экономики, устойчивого повышения благосостояния российских граждан и сбережения их жизней с учетом планов реализации «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» [1]. Пожарная безопасность является одной из составляющих обеспечения национальной безопасности страны.

В связи со значительными темпами развития строительства все более актуальными становятся вопросы пожарной безопасности зданий и сооружений. Возникновение и развитие пожаров приводит к материальному ущербу, травматизму и гибели

людей, а также ухудшает экологическую обстановку в стране [2, 3].

За 2012 год оперативная обстановка с пожарами в РФ по некоторым из основных показателей незначительно улучшилась [4,5]: зарегистрировано 162,5 тыс. пожаров (-3,6%), в результате которых погибли около 11,5 тыс. человек (-3,7%), в том числе 545 детей (+10,3%), травмировано 12,1 тыс. человек (-2,8%), прямой материальный ущерб составил около 14 млрд. рублей (-23%).

Данные по обстановке с пожарами в РФ за I полугодие 2013 года представлены на рис. 1. Они позволяют сделать вывод о том, что значительной разницы с аналогичным периодом прошлого года не наблюдается [6].

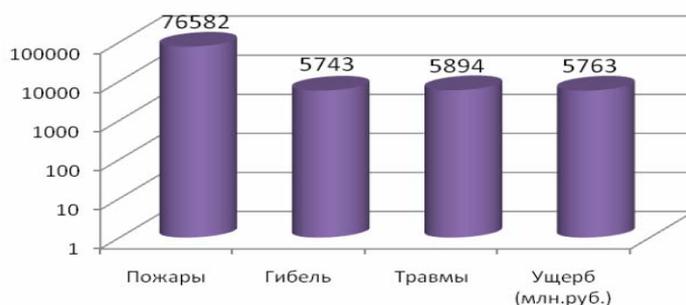


Рис.1. - Пожарная обстановка в РФ за первое полугодие 2013г.

Приведенные данные указывают на некоторое улучшение обстановки с пожарами в РФ за последние годы. В то же время, данные Центра пожарной статистики (Center of Fire Statistics of CTIF) [7, 8], который располагает информацией о 85 странах и более чем 100 крупнейших городах мира, утверждают, что Россия стоит на первом месте в мире по числу погибших при пожарах в зданиях и на транспорте.

Актуальность рассмотрения жилых, административных и общественных зданий и транспорта, как основных объектов пожарной опасности, подтверждается также исследованиями МЧС РФ. На рис.2 представлено распределение количества пожаров по основным объектам в России за I полугодие 2013 г.

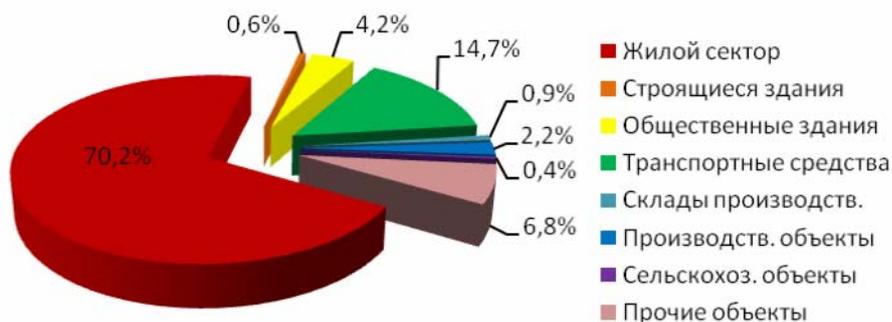


Рис.2. - Распределение количества пожаров по основным объектам

Одна из наиболее распространенных причин пожаров – нарушение правил при эксплуатации электрооборудования, электробытовых приборов и электросетей.

Согласно статистическим данным основной причиной гибели людей при пожарах является отравление продуктами горения. За первое полуго-

дие 2013 г. вследствие этого погибло 3783 человека, что составляет 65,9% от общего количества погибших.

Следует отметить, что причину гибели людей не удалось установить в 1276 случаях (22,2% от общего количества погибших).

Большое количество погибших при пожарах часто обусловлено тем, что люди не успевают эвакуироваться из здания.

Вероятность эвакуации зависит от времени начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), расчетного времени эвакуации людей и времени блокировки путей эвакуации (время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения) [9].

Значительное количество погибших при пожарах свидетельствует о том, что расчетные значения вероятности эвакуации не всегда соответствуют реальной картине пожара. Поэтому, на наш взгляд, требуется уточнение правильности определения параметров вероятности эвакуации по существующей методике [9]. Одним из важных этапов такого уточнения должно стать проведение значительного количества натурных исследований, направленных на выявление более точных закономерностей движения людей по различным участкам эвакуационных путей. Значительный вклад в определение расчетного времени эвакуации может внести исследование так называемых «местных сопротивлений», таких как повороты, сужения, расширения и их влияния на общее время эвакуации людей из зданий, которые в настоящее время не учитываются в [9,10].

Дополнительные исследования в этой области являются актуальными и представляют научный и практический интерес, а, следовательно, будут способствовать совершенствованию и модернизации методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.

Библиографический список

1. Концепция федеральной целевой программы "Пожарная безопасность в Российской Федерации на пе-

риод до 2017 года" (утв. распоряжением Правительства РФ от 14 августа 2012 г. № 1464-р).

2. Колодяжный, С.А. Зависимость распределения взрывоопасных вредных веществ в помещениях от кратности воздухообмена / С.А. Колодяжный, И.И. Переславцева, О.Н. Филатова // Инженерные системы и сооружения. - 2010. - № 2.- с.192-196.
3. Полосин, И.И. Прогнозирование предотвращенного экологического ущерба ресурсам внутригородских водоемов при охране атмосферного воздуха / И.И. Полосин, С.А. Яременко, Р.Ю. Черных, Т.Ю. Данилова // Инженерные системы и сооружения. 2011. № 2. с. 9-16.
4. Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 2011 год. М.: Департамент надзорной деятельности МЧС России. – 2011г. – 12л.
5. Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 2012 год. М.: Департамент надзорной деятельности МЧС России. – 2012г. – 12л.
6. Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за шесть месяцев 2013 года. М.: Департамент надзорной деятельности МЧС России. – 2013г. – 12л.
7. Brushlinsky, N.N. World Fire Statistics. CTIF / N.N. Brushlinsky, J.R. Hall, S.V. Sokolov, P. Wagner // Center of fire statistics. -2012. - №17.- 64p.
8. Полосин, И.И. Защита жилых зданий от аэродинамического и структурного шума автономных котельных / И.И. Полосин, С.А. Яременко // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. - № 2. - с. 3-5.
9. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382; введ. 30.06.2009 г.//Российская газета. - 2009. - №161; ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
10. Переславцева, И.И. Экспериментальные исследования времени эвакуации групп людей по лестничным клеткам зданий и сооружений / И.И. Переславцева, С.А. Яременко // Вестник гражданских инженеров. - 2013. - № 5 (40). - С. 122-126.

УДК 332.6

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ THE ANALYSIS OF USE OF METHODS OF DEFINITION OF MARKET COST OF THE GROUND AREAS AT AN ESTIMATION OF EFFICIENCY OF THE INVESTMENT PROJECTS

Левада Г.П., доцент, Турова К.В., студент

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. *Вопрос определения стоимости земельных участков возникает на различных стадиях оценки эффективности инвестиционных проектов развития земельно-имущественных комплексов. Наиболее распространенная схема оценки эффективности инвестиционного проекта заключается в сопоставлении стоимости земельного участка до и после реализации проекта. Идея этой схемы оценки заключается в том, что, не смотря на то, что параметры самого земельного участка в процессе реализации инвестиционного проекта не меняются, его стоимость увеличивается за счет синергетического эффекта.*

Основными нормативными документами, в которых сформулирована методическая база определения рыночной стоимости земельных участков, являются: «Федеральный стандарт оценки «Оценка недвижимости (ФСО № 7)», утвержденный приказом Министерства экономического развития и тор-

говли Российской Федерации от 25 сентября 2014 г. № 61, и «Методические рекомендации по определению рыночной стоимости земельных участков» утвержденные распоряжением Министерства имущественных отношений России от 07.03.2002 № 568-р».

Задачей настоящей статьи является анализ положений данных документов и их уточнение с точки зрения теории оценки для использования при анализе эффективности инвестиционных проектов.

Abstract. The question of definition of cost of the ground areas arises at various stages of an estimation of efficiency of the investment projects of development of земельно-property complexes. The most widespread circuit of an estimation of efficiency of the investment project consists in comparison of cost of the ground area before realization of the project. The idea of this circuit of an estimation consists that, not looking that the parameters of the ground area during realization of the investment project do not vary, his(its) cost is increased for the account синергетического of effect..

The basic normative documents, in which the methodical base of definition of market cost of the ground areas is formulated, are: « the Federal standard of an estimation « an Estimation of the real estate (ФСО № 7) », authorized by the order of the Ministry of economic development and trade of Russian Federation from September 25, 2014 № 611, and « the Methodical recommendations by definition of market cost of the ground areas » the Ministries, authorized by the order, of the property attitudes(relations) of Russia from 07.03.2002 № 568-p».

Task of present clause is the analysis of rules(situations) of the given documents and their specification from the point of view of the theory of an estimation for use at the analysis of efficiency of the investment projects.

Ключевые слова: эффективность, инвестиционный проект, земельный участок, оценка, затратный подход, сравнительный подход, доходный подход, стоимость воспроизводства, стоимость замещения, капитализация дохода.

Keywords: efficiency, investment project, land, valuation, the cost approach, the comparative approach, the income approach, the cost of reproduction, replacement cost, income capitalization.

Как правило, для оценки стоимости земельных участков используются:

метод сравнения продаж, метод выделения, метод распределения, метод капитализации земельной ренты, метод остатка, метод предполагаемого использования.

Однако, для оценки урбанизированных земель применение метода распределения и метода капитализации земельной ренты невозможно в силу целого ряда ограничений.

В соответствии с «Методическими рекомендациями по определению рыночной стоимости земельных участков» метод сравнения продаж применяется для оценки земельных участков, как для застроенных земельных участков, так и незастроенных земельных участков.

Условие применения метода - наличие информации о ценах сделок с земельными участками, являющимися аналогами оцениваемого.

Метод предполагает следующую последовательность действий:

1. определение элементов, по которым осуществляется сравнение объекта оценки с объектами - аналогами (далее - элементов сравнения);

2. определение по каждому из элементов сравнения характера и степени отличий каждого аналога от оцениваемого земельного участка;

3. определение по каждому из элементов сравнения корректировок цен аналогов, соответствующих характеру и степени отличий каждого аналога от оцениваемого земельного участка;

4. корректировка по каждому из элементов сравнения цен каждого аналога, сглаживающая их отличия от оцениваемого земельного участка;

5. расчет рыночной стоимости земельного участка путем обоснованного обобщения скорректированных цен аналогов.

Формула расчета может быть выражена следующим образом:

$$C^o = \sum_{i=1}^n v_i \times \prod_{j=1}^m (C_i \times K_j) \quad (1)$$

где: C^o – стоимость объекта оценки; C_i – цена i -го аналога; n – количество объектов-аналогов; m – количество элементов сравнения; K_j – коэффициент корректировки цены аналога по j -му элементу сравнения; v_i – весовой коэффициент i -го аналога.

Весовые коэффициенты по объектам-аналогам могут быть рассчитаны по формуле:

$$v_i = \left(1 - \frac{q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}\right) \times \frac{1}{n-1} \quad (2)$$

где q_i – число корректировок по i -тому объекту аналогу, n – к-во объектов аналогов.

В практике оценки встречаются и другие формулы, основанные на данной схеме согласования.

Несмотря на то, что «Методическими рекомендациями» предусмотрена возможность использования данного метода для оценки как застроенных, так и не застроенных участков фактически его использование можно признать оправданным только для оценки свободных земельных участков. Основой расчета при использовании данного метода является наличие информации о ценах объектов-аналогов. Исходя из определения объекта аналога¹, экономические различия между свободным и застроенным земельным участком в силу синергетического эффекта могут быть существенными.

Метод выделения применяется для оценки застроенных земельных участков.

¹ Объектом — аналогом объекта оценки для целей оценки признается объект, сходный объекту оценки по основным экономическим, материальным, техническим и другим характеристикам, определяющим его стоимость (Федеральный стандарт оценки №1, п.14).

Метод предполагает следующую последовательность действий:

1. расчет рыночной стоимости единого объекта недвижимости, включающего в себя оцениваемый земельный участок, на основе сравнительного и (или) доходного подходов;

2. расчет стоимости замещения или стоимости воспроизводства улучшений оцениваемого земельного участка;

3. расчет рыночной стоимости оцениваемого земельного участка путем вычитания из рыночной стоимости единого объекта недвижимости, стоимости замещения или стоимости воспроизводства улучшений земельного участка.

Основная формула расчета:

$$C_{з\у} = C^o - ПВС_{\у\п} \times (1 - I_n) \quad (3)$$

Где, $C_{з\у}$ – стоимость оцениваемого земельного участка; C^o – стоимость единого объекта недвижимости, включающего в себя оцениваемый земельный участок; $ПВС_{\у\п}$ – полная восстановительная стоимость улучшений оцениваемого земельного участка; I_n – накопленный износ улучшений оцениваемого земельного участка, включая физический, функциональный и внешний износы.

Стоимость единого объекта может быть рассчитана на основе сравнительного подхода:

$$C^o = \sum_{i=1}^n v_i \times \prod_{j=1}^m (C_i \times K_j) \quad (4)$$

C_i – цена i -го аналога единого объекта недвижимости; n – количество единичных объектов-аналогов; m – количество элементов сравнения единичных объектов; K_j – коэффициент корректировки цены аналога по j -му элементу сравнения; v_i – весовой коэффициент i -го аналога.

А также на основе доходного подхода.

Если потоки доходов и ставка дохода (дисконтирования) меняются в течение оставшегося срока жизни объекта оценки, формула расчета имеет вид:

$$C^o = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{\prod_{i=1}^t (1 + r_i)} \quad (5)$$

CF_t – чистый операционный доход от использования единого объекта недвижимости в t -ом периоде; T – срок полезного использования единого объекта недвижимости; r – ставка дисконтирования (дохода на инвестиции) соответствующая рискам вложения в единый объект недвижимости.

В случае, если потоки доходов стабильны (имеют постоянный темп изменения в течение оставшегося срока жизни) и ставка дохода также постоянна, то расчет может выполняться по формулам прямой капитализации [6].

Итоговая величина стоимости в этом случае рассчитывается путем согласования расчетных величин полученных в рамках сравнительного и доходного подходов, что повышает точность расчетов.

При определении суммы затрат на создание улучшений земельного участка следует учитывать

прибыль инвестора – величину наиболее вероятно вознаграждения за инвестирование капитала.

В соответствии с ФСО №7 данный показатель рассчитывается «с учетом прямых, косвенных и вмененных издержек, связанных с созданием объектов капитального строительства и приобретением прав на земельный участок».

Следует признать наличие методической ошибки содержащейся в ФСО №7. Добавление прибыли инвестора к затратам на приобретение земельного участка было бы правомерным в случае расчета стоимости с использованием затратного подхода. Но применение затратного подхода к определению стоимости земельного участка невозможно в принципе, поскольку не представляется возможным определить затраты с помощью которых можно было бы воссоздать земельный участок. Кроме того, добавление прибыли инвестора к стоимости земельного участка приводит к отрицанию наличия синергетического эффекта, являющегося базовым принципом системного подхода изучения экономических явлений.

Метод остатка в соответствии с «Методическими рекомендациями» применяется для оценки застроенных и незастроенных земельных участков. Условие применения метода – возможность застройки оцениваемого земельного участка улучшениями, приносящими доход.

Метод предполагает следующую последовательность действий:

1. расчет стоимости воспроизводства или замещения улучшений;

2. расчет чистого операционного дохода от единого объекта недвижимости на основе рыночных ставок арендной платы;

3. расчет чистого операционного дохода, приходящегося на улучшения как произведения стоимости воспроизводства или замещения улучшений на соответствующий коэффициент капитализации доходов от улучшений;

4. расчет величины земельной ренты как разности чистого операционного дохода от единого объекта недвижимости и чистого операционного дохода, приходящегося на;

5. расчет рыночной стоимости земельного участка путем капитализации земельной ренты.

Основная формула расчета:

$$C_{з\у} = \frac{ЧОД^o - ПВС_{\у\п} \times (1 - I_n) \times R^{з\у}}{R^{з\у}} \quad (6)$$

Где, $C_{з\у}$ – стоимость оцениваемого земельного участка; $ЧОД^o$ – чистый операционный доход от единого объекта недвижимости, включающего в себя оцениваемый земельный участок; $R^{з\у}$ – коэффициент капитализации для улучшений; $R^{з\у}$ – коэффициент капитализации для земельного участка; $ПВС_{\у\п}$ – полная восстановительная стоимость улучшений оцениваемого земельного участка; I_n – накопленный износ улучшений оцениваемого земельного участка, включая физический, функциональный и внешний.

Расчет чистого операционного дохода выполняется на основе рыночных ставок арендной платы и операционных расходов определяемых исходя из

рыночных условий сдачи в аренду единых объектов недвижимости.

Следует отметить, что при расчете стоимости застроенного и незастроенного земельного участка результат оценки будет идентичен. Совершенно очевидно, что это не так. В формуле расчета используется значение коэффициента капитализации, в основе которого лежит ставка доходности, отражающая риски вложения в объект недвижимости.

Очевидно, что риски вложения в незастроенный земельный участок выше рисков связанных с вложениями в готовый объект недвижимости хотя бы на величину строительных рисков.

Метод предполагаемого использования в соответствии с «Методическими рекомендациями» применяется для оценки застроенных и незастроенных земельных участков.

Метод предполагает следующую последовательность действий:

1. определение суммы и временной структуры расходов, необходимых для использования земельного участка в соответствии с вариантом его наиболее эффективного использования;

2. определение величины и временной структуры доходов от наиболее эффективного использования земельного участка;

3. определение величины и временной структуры операционных расходов, необходимых для получения доходов от наиболее эффективного использования земельного участка;

4. определение величины ставки дисконтирования, соответствующей уровню риска инвестирования капитала в оцениваемый земельный участок;

5. расчет стоимости земельного участка путем дисконтирования всех доходов и расходов, связанных с использованием земельного участка.

Основная формула расчета:

$$C_{з\text{у}} = -\sum_{t=1}^{T1} Z_{з\text{у}}^t + \sum_{t=T1+1}^{T1+T2} \frac{ЧОД_o^t}{(1+r)^t} \quad (7)$$

Где, $C_{з\text{у}}$ – стоимость оцениваемого земельного участка; $Z_{з\text{у}}^t$ – затраты t-го периода на создание улучшений; $T1$ – время создания улучшений; $ЧОД_o^t$ – чистый операционный доход от использования единого объекта недвижимости в t-ом периоде; $T2$ – срок полезного использования единого объекта недвижимости; r – ставка дисконтирования (дохода на инвестиции) соответствующая рискам вложения в единый объект недвижимости.

Следует отметить, что данный метод также как и метод остатка основан на положениях доходного подхода, определяющего стоимость объекта оценки как текущую стоимость потока доходов при ставке доходности (дисконтирования) соответствующей рискам вложения в объект недвижимости. Очевидно, что для оценки застроенных земельных участков данный метод может применяться только в том случае, если выполняется оценка рыночной стоимости земельных участков, текущее использование которых не соответствует его наилучшему использованию.

Таким образом, можно сделать следующие выводы о применении методов оценки стоимости земельных участков при анализе эффективности инвестиционных проектов (табл.1).

Таблица 1 - Применение методов оценки стоимости земельных участков

Метод оценки	Объект оценки	Стадия разработки инвестиционного проекта.
Метод сравнения продаж	Незастроенные земельные участки	Оценка первоначальных инвестиций
Метод выделения	Застроенные земельные участки.	Оценка первоначальных инвестиций. Анализ вариантов инвестиционного проекта.
Метод остатка	Застроенные земельные участки при текущем использовании	Оценка первоначальных инвестиций. Анализ вариантов инвестиционного проекта.
	Застроенные земельные участки при наилучшем использовании	Оценка результатов реализации инвестиционного проекта
Метод предполагаемого использования	Застроенные и не застроенные земельные участки	Оценка результатов реализации инвестиционного проекта

Библиографический список

1. Международные стандарты оценки (МСО) 2007, м.2009
2. Федеральный стандарт оценки «Оценка недвижимости (ФСО № 7)». утвержденный приказом Министерства экономического развития и торговли Российской Федерации от 25 сентября 2014 г. № 611.
3. Методические рекомендации по определению рыночной стоимости земельных участков, утвержденные распоряжением Министерства имущественных отношений России от 07.03.2002 № 568-р».
4. Занг В.-Б Синергетическая экономика./Пер. с англ. По ред. В.В.Лебедева.М.:Мир.,1999
5. Оценка недвижимости. Учебник для ВУЗов. Под редакцией А.Г.Грязновой, М.А.Федотовой, М.:Финансы и статистика,2002
6. Левада Г.П. Расчетные формулы метода прямой капитализации дохода. Вопросы оценки №2, 2009 г.

УДК 69.003.13

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ THE ACTUAL PROBLEMS OF RESOURCE-SAVING IN THE MANUFACTURE OF BUILDING MATERIALS

Мышишин И.С., к.т.н., Турчанинов А.Е., магистр, Стоянова М.Г., магистр

ФГБОУ ВПО «ОрелГАУ», г. Орёл

Аннотация. Эффективное использование природных ресурсов и минимизация отходов являются необходимыми условиями устойчивого развития общества и экономики. В настоящее время остро ощущается недостаток в методах учета потребленных ресурсов. Необходимо также снизить воздействие различных отраслей промышленности на окружающую среду. В статье приведены примеры использования отходов в производстве строительных материалов.

Abstract. Efficient use of natural resources and minimization of waste are necessary conditions for sustainable development of society and the economy. Currently the acute shortage of methods to account for consumed resources. It is also necessary to reduce the impact of various industries on the environment. The article provides examples of the use of waste in construction materials.

Ключевые слова: ресурсосбережение, строительные материалы, промышленные отходы, экологическая безопасность.

Keywords: resource-saving, building materials, industrial waste, environmental safety.

В основу комплексного использования ресурсов в строительстве закладываются прежде всего экономические и экологические интересы – стремление производить максимум конкурентоспособной продукции с более высокой потребительской стоимостью при наименьших затратах материально-вещественных, трудовых, финансовых, нематериальных ресурсов и минимизации отрицательного воздействия на окружающую природную среду [1]. Основополагающий принцип комплексного использования минерально-сырьевых и топливно-энергетических ресурсов заключается в отказе (или замене) от ресурсозатратных и широком применении ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих сокращение потребления всех экономических ресурсов на единицу строительной продукции по всей технологической цепи. Уменьшение экологических издержек строительной отрасли невозможно без уменьшения потока ресурсов, извлекаемых из недр [2].

Актualityными направлениями ресурсо- и энергосбережения в строительной отрасли являются технологии с применением двухкомпонентного сырья (природного и техногенного). Так, в качестве техногенных отходов, пригодных для использования в качестве дополнительного сырья при производстве эффективных конструкционно-изоляционных материалов, могут применяться металлургические шлаки. Они характеризуются постоянным химическим составом, экологически безопасны и представляют собой классическую силикатную систему. Экспериментальные исследования показывают, что замена 15-20% глинистого материала на тонкомолотый доменный шлак не

приводит к ухудшению свойств многих керамических материалов.

Другим примером использования техногенного сырья в комплексе с дефицитными минерально-сырьевыми ресурсами может служить применение боя стеклотарного сырья в производстве теплоизоляционных пеностеклокристаллических материалов. Его использование позволяет снизить энергоемкость технологического процесса производства изделий за счет более низкой температуры вспенивания синтезируемого материала (800÷850°C) по сравнению с применением «чистых» природных компонентов – кварцевого песка, перлита, у которых температура обработки варьируется в пределах 1400÷1550°C.

В настоящее время в транспортном, гражданском, специальном и других видах строительства широко применяются бетоны, имеющие неограниченную сырьевую базу (местное природное сырье, техногенные отходы, армирующие волокна и т.п.), обладающие уникальными свойствами: легкие теплоизоляционные (с объемной массой менее 100 кг/м³), высокопрочные конструкционные (с прочностью на сжатие свыше 200 МПа), фибробетоны с повышенной эксплуатационной надежностью, высококачественные бетоны и пр. [3].

При получении высококачественных бетонов особое внимание уделяется обоснованному выбору исходного сырья. Так, для их производства необходим высококачественный крупный заполнитель (в том числе и базальтовый), а для бетонов класса В45 и выше – особовысококачественный щебень из незатронутых выветриванием прочных изверженных пород с шероховатой поверхностью излома при дроблении (мелкокристаллические

граниты и др.), прочность каменной породы, идущей на щебень, должна превышать в два и более раза класс бетона. Использование заполнителей рядового качества не соответствует постановке задачи получения бетона с заданными свойствами. Увеличение расхода цемента для компенсации недостающей прочности может привести к развитию в бетоне усадочных деформаций [3, 4]. В бетоне даже длительного твердения содержится значительное количество непрореагировавшего цемента. Следовательно, часть цемента можно заменить на тонкодисперсный наполнитель. Количество наполнителя будет зависеть от его активности и активности цемента, от требуемой прочности бетона, продолжительности и условий твердения.

В связи с применением в строительной отрасли разнообразных сырьевых компонентов необходима методика учета и управления ресурсами

при производстве строительных материалов [5]. В 1992 году в Германии предложена методика MIPS-анализа, позволяющая определить расход природных ресурсов на границе продуктовой цепи, как в месте извлечения ресурсов из природной среды, так и на всем протяжении экологического жизненного цикла продукта или услуги. Потребляемые ресурсы во время производства, использования и рециклирования отходов продукта пересчитываются в количество используемых природных ресурсов (абиотических, биотических, почвы, воды, воздуха) с помощью специальных переводных коэффициентов или MI-чисел – «экологических рюкзаков».

В таблице 1 представлен расчет ресурсов для производства одного кубического метра высококачественного бетона, состав которого приведен в работе [4].

Таблица 1- «Ресурсы на входе» (MI) высококачественного бетона класса В45

№ п/п	Компоненты бетонной смеси	Расход на 1 м ³ , кг	MI-число, кг/кг	«Ресурсы на входе» (MI), кг
1	Песок	812	2,88	2339
2	Щебень	812	4,75	3857
3	Тонкодисперсный наполнитель	77	15,34	1181
4	Цемент	452	20,49	9262
5	Вода	200	2,29	458
	Итого	2353		17097

Из таблицы 1 следует, что на производство одного кубического метра высококачественного бетона класса В45 требуется переработка 17 тонн природных ресурсов. В целях ресурсосбережения часть крупного и мелкого заполнителя может быть заменена техногенными отходами, что позволит снизить на 2,5–4,2 тонны расход природных ресурсов [6].

Сегодня в строительном комплексе большое внимания уделяется разработке и внедрению технологий, с помощью которых можно снизить негативное воздействие на биосферу. Однако, существующая система управления ресурсами биосферы при создании строительной продукции является неэффективной, т.к. направлена, в основном, на снижение сбросов, выбросов, сокращение количества отходов, а не на уменьшение потребляемых строительным производством ресурсов.

Одним из основных принципов государственной политики в области экологии, сформулированным в экологической доктрине Российской Федерации, является «предотвращение негативных экологических последствий в результате хозяйственной деятельности и учет отдаленных экологических последствий». Выполнение этого условия требует принятия решений с позиции полной экологической ответственности за экономичность и безопасность создаваемых строительных объектов.

Библиографический список

1. Ильичев, В.А. Критериальная модель полного ресурсного цикла – основа экологической безопасности строительства / В.А. Ильичев, В.И. Колчунов, С.А. Кобелева // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 12. – С. 3-6.
2. Голенков, В.А. Экологически безопасные ресурсосберегающие технологии и материалы в жилищном строительстве / В.А. Голенков, С.А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2012. – № 2 (40) март-апрель. – С. 74-78.
3. Фаликман, В.Р. Новые эффективные высокофункциональные бетоны / В.Р. Фаликман // Бетон и железобетон. – 2011. – № 2. – С. 78 - 84.
4. Баженова, С.И. Высококачественные бетоны на наномодификаторах техногенного происхождения / С.И. Баженова // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3. – С. 172 – 175.
5. Кобелева, С.А. Методика оценки ресурсоэффективности строительных материалов / С.А. Кобелева // Механизация строительства. – 2012. – № 4. – С. 35-37.
6. Кобелева, С.А. Расчет экологической нагрузки от строительных объектов на окружающую среду / С.А. Кобелева // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 3. – С. 277-283.

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

INDUSTRIAL POLLUTION LEACHED CHERNOZEM CHELYABINSK REGION

Манторова Г.Ф., д.с.-х. н., профессор

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Исследуется аккумуляция и распределение ТМ в пахотном слое в зависимости от содержания в почве гумуса, использования средств химизации, способов обработки, наличия защитных лесополос вдоль автомагистралей.

Abstract. We study the accumulation and distribution of heavy metals in the plow layer depending on the content of humus in the soil, the use of chemicals, processing methods, the presence of shelterbelts along the motorway.

Ключевые слова: чернозем, тяжелые металлы, техногенное загрязнение, аккумуляция, гумус.

Keywords: black earth, heavy metals, industrial pollution, accumulation, humus.

Челябинская область по степени техногенного загрязнения является аномальной территорией и определить степень техногенного загрязнения невозможно, потому что с фоновым значением его сравнить нельзя, поскольку фоновые почвы должны принадлежать к одному и тому же типу биогеоценоза, что и загрязненные. На них должна отсутствовать хозяйственная деятельность, и они должны быть удалены от источников загрязнения на 50-100 км [5]. Таких почв из-за высокой плотности промышленного производства в Челябинской области практически нет.

Исследования по изучению техногенного загрязнения чернозема проводились в северной лесостепи Челябинской области в 1999-2001 гг. на выщелоченном черноземе с разными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур.

При обработке почвы, выращивании культур в почву могут попадать продукты отработанного топлива, ГСМ, пестициды, вещества от балласта применяемых туков и т.п. Эти вещества загрязняют почву, растения и могут по пищевым цепочкам попасть в организм человека. Проведенные исследования показали, что накопление ТМ на пашне зависит от многих причин: содержания гумуса в почве, реакции почвенного раствора, приема обработ-

ки почвы, использования средств химизации, естественного фона содержания химических элементов, техногенного загрязнения, подвижности химических элементов и т.д. В таблице 1 представлены некоторые результаты исследования.

Пашня, где проводили исследования, находилась в 50 км от г. Челябинска, других населенных пунктов с возможными источниками промышленного загрязнения вблизи не было. Результаты анализа содержания ТМ в почве на пашне показали, что все изучаемые химические элементы находились в пределах ПДК. Однако в сравнении с показателями среднего химического состава твердой фазы почвы по Виноградову, в пахотном 0-30-см слое было превышение содержания некоторых химических элементов: свинца – на 4-8 мг/кг почвы, никеля – на 2-7, кобальта – на 4-7, кадмия – на 0,12-0,20 мг/кг.

Если сравнивать между собой показатели содержания ТМ в вариантах с разными технологиями обработки почвы, то можно отметить, что некоторые отклонения средних величин в пахотном слое в сторону увеличения были при ежегодной (в течение 25 лет) отвальной обработке, по сравнению с ежегодной (25 лет) плоскорезной. По цинку превышение составило 1,6 мг/кг почвы, свинцу – 1,8, никелю – 7,1, кобальту – 1,1, железу – 1100, хрому – 2,5 мг/кг.

Таблица 1 - Содержание гумуса и кислоторастворимых соединений тяжелых металлов в почве весной в паровом поле при различных системах обработки почвы в зернопаровом севообороте в 2000 г.

Слой поч-вы, см	Гумус, %	Тяжелые металлы, мг/кг почвы								
		медь	цинк	свинец	никель	кобальт	желе-зо	марганец	кад-мий	хром
Отвальная										
0-10	6,56	14,9	39,1	17,9	47,2	14,2	13150	316	0,66	31,0
10-20	6,71	15,2	38,3	17,9	46,8	13,3	14950	322	0,66	31,8
20-30	6,32	14,2	37,9	16,2	45,7	13,4	13050	331	0,62	32,3
Среднее	6,53	14,8	38,4	17,2	46,6	13,6	13717	323	0,65	31,7
Комбинированная										
0-10	7,28	15,4	38,2	15,9	42,0	15,0	13550	320	0,65	28,5
10-20	7,72	16,0	38,9	16,3	42,5	14,5	12900	332	0,67	32,5
20-30	6,56	15,0	37,6	15,0	43,3	13,8	12800	339	0,67	30,6
Среднее	7,19	15,5	38,2	15,7	42,6	14,4	13083	330	0,66	30,5

Слой поч-вы, см	Гумус, %	Тяжелые металлы, мг/кг почвы								
		медь	цинк	свинец	никель	кобальт	желе-зо	марганец	кад-мий	хром
Плоскорезная										
0-10	7,74	15,7	36,6	17,1	37,3	12,2	12550	341	0,70	30,1
10-20	7,56	16,0	36,7	14,3	41,0	12,2	11400	323	0,64	29,5
20-30	5,76	15,6	37,1	14,7	40,2	13,0	13900	270	0,65	28,0
Среднее	7,02	15,8	36,8	15,4	39,5	12,5	12617	311	0,67	29,2
ПДК по Клоке		100	300	100	50	-	-	-	3	100
Средний химический состав твердой фазы почвы по Виноградову		20	50	10	40	8	37000	800	0,5	200

При отвальной системе обработки почвы, по сравнению с плоскорезной, в верхнем 0-10 см слое больше было накоплено свинца, никеля, кобальта, железа, хрома; в слое 10-20 см – цинка, свинца, никеля, кобальта, железа, кадмия, хрома и в слое 20-30 см – цинка, свинца, никеля, кобальта, марганца, хрома. То есть ежегодное применение в течение 25 лет только отвальной обработки почвы способствовало большему накоплению ТМ в пахотном слое, что объясняется интенсивностью использования и степенью перемешивания слоев почвы. Доказательством является комбинированная система обработки, при которой величина содержания большинства ТМ в почве занимает промежуточное положение между показателями их при отвальной и плоскорезной системах обработки почвы.

Большее накопление кислоторастворимых ТМ при отвальной системе обработки почвы связано и с меньшим содержанием гумуса в почве – 6,53% против 7,02 при комбинированной и 7,19% при плоскорезной, что объясняется более быстрой

его минерализации в результате интенсивного использования почвы при ежегодной вспашке. Подобные результаты получены в исследованиях других авторов [1; 4]. То есть, содержание ТМ в почве зависело от способа ее обработки, длительности применения обработки, содержания гумуса в почве.

Минеральные удобрения, а точнее балласт веществ, вносимых в почву вместе с минеральными удобрениями, может быть также причиной появления ТМ в почве выше фоновых показателей [2; 3; 6]. Проведенные нами исследования показали, что там, где длительное время вносили фосфорные удобрения в повышенных дозах, содержание некоторых ТМ оказалось выше, чем при более низких дозах удобрений (табл. 2).

Близость полей к автомобильным дорогам также являлась причиной большого накопления ТМ в прилегающих почвах. Защитные лесные полосы способны значительно удерживали пыль и тем самым противодействовать проникновению ТМ на пашню.

Таблица 2 - Содержание ТМ в почве на одном поле с неодинаковыми дозами применяемых ранее фосфорных удобрений в 1999 г.

Содержание P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	Слой почвы, см	Тяжелые металлы, мг/кг почвы				
		свинец	никель	железо	марганец	хром
Повышенное, 10,1-15,1	0 – 10	22,2	76,3	16350	416	39,3
	10 – 20	18,8	71,5	13650	349	35,7
	20 – 30	18,4	74,6	14950	375	38,9
	Среднее	19,8	74,1	14983	380	38,9
Среднее, 5,1-10,0	0 – 10	17,9	61,3	16200	361	34,3
	10 – 20	17,5	63,0	13650	348	29,2
	20 – 30	18,4	58,8	12950	328	27,5
	Среднее	17,9	61,0	14267	346	30,3

Проведенные исследования на пашне в 20 м от автомагистрали в вариантах без защитной лесной полосы и с защитной полосой в 2001 г. показали, что фактическое содержание ТМ в 0-30 см слое почвы превышало среднее валовое содержание их по Bower [7] в обоих вариантах по свинцу, никелю, кобальту и кадмию. По никелю отмечается даже превышение ПДК по Клоке [8] (64,7-340 против 50 мг/кг почвы). Это означает, что вблизи автомагистралей недопустимы посевы зерновых и кормовых

культур в силу опасности их использования для человека и животных.

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что накопление ТМ в почве зависит от многих причин: содержания гумуса в почве, приема обработки почвы, использования средств химизации, естественного фона содержания химических элементов, техногенного загрязнения, наличия защитных лесополос и т.д.

Библиографический список

1. Адерихин, П.Г. Фосфор в почвах и земледелии Центрально-черноземной полосы // П.Г. Адерихин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1970. – С. 248.
2. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Манторова, Г.Ф. Тяжелые металлы в почве и растительной продукции в условиях техногенного загрязнения / Г.Ф. Манторова // АГРО XXI – 2010. – № 1–3. – С. 52-54.
4. Минеев, В.Г. Экологические функции агрохимии / В.Г. Минеев // Агрохимический вестник. – 1998. - № 3. – С. 14-16.
5. Муха, В.Д. Соотношение тяжелых металлов в почве и почвообразующей породе как критерий оценки загрязненности почв / В.Д. Муха, А.Ф. Сулима, Т.В. Карпинец и др. // Почвоведение. – 1998. – № 10. – С. 1265-1270.
6. Шафронов, О.Д. Экологические аспекты внесения фосфорных удобрений / О.Д. Шафронов, В.И. Титова, Л.Д. Варламова // Агрохимический вестник. – 1997. – № 4. – С. 42-43.
7. Bowen, H. J. M. Environmental chemistry of elements / H. J. M. Bowen – N.Y.: Acad. Press. – 1979. – 333 p.
8. Kloke, A. Richtwerte 80. Orientierungsdaten für tolerierbare einiger Elemente in Kulturboden / A. Kloke // VDLUFA – Mitteilungen. – 1980. – Н. 1-3. – С. 9-11.

УДК 631.42 + 631.45

ПОЛЛЮТАНТЫ В ПОЧВЕ И РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

POLLUTANTS IN SOIL AND PLANT PRODUCTS IN CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION

Манторова Г.Ф., д.с.-х. н., профессор

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Приведен анализ накопления тяжелых металлов в почве и растительной продукции в разном направлении и удалении от источника загрязнения.

Ключевые слова: тяжелые металлы (ТМ), предельно допустимые концентрации, средний элементарный состав растений, средний химический состав почвы.

Abstract. An analysis of the accumulation of heavy metals in soil and plant products in a different direction and distance from the source of contamination.

Keywords: heavy metals (ТМ), the maximum allowable concentrations, the average elemental composition of plants, the average chemical composition of the soil.

Повышенный фон тяжелых металлов (ТМ) обычно свойствен тяжелым по гранулометрическому составу почвам (глинистым и тяжелосуглинистым), хорошо гумусированным, пониженный – легким (песчаным и супесчаным). Это различие объясняется тем, что тонкодисперсные минеральные частицы и гумусовое вещество почвы обладают высокой способностью депонировать ТМ. На территории Челябинской области (где проводились исследования) распространены разнообразные комплексы горных пород, содержащие в повышенных концентрациях токсичные металлы. При неглубоком залегании эти комплексы активно участвуют в почвообразовании, что приводит к высоким значениям содержания ТМ в почве. Высшие растения, произрастающая на почвах с повышенным содержанием ТМ способны без каких-либо признаков отравления и патологических изменений накапливать опасные для животных и человека их концентрации. Особенность ТМ заключается в том, что они не подвергаются процессам естественного разрушения и, попадая в почву, становятся константным фактором [3; 4; 7].

Челябинская область с высокоразвитым промышленным производством, является зоной повышенного техногенного загрязнения, что может быть причиной загрязнения не только почв, но и сельскохозяйственной продукции токсикантами промышленного происхождения. ТМ могут попасть в почву с компостами из бытового мусора, с органическими и минеральными удобрениями в виде

естественных примесей, со сточными водами, при сжигании каменного угля, с аэрозолями, при добыче и переработке нефти, с транспортными выбросами и т.д. Среди загрязнителей окружающей среды наиболее опасными считаются ртуть, кадмий и свинец.

Целью наших исследований являлось изучение содержания тяжелых металлов в почве и растительных образцах на разном удалении от источников загрязнения. Для определения ТМ в изучаемых образцах использовали рекомендуемые методические указания [5].

Анализ содержания ТМ в почве на угодьях с разным удалением от источника загрязнения показали, что распределение их на территории было крайне неравномерно, хотя в почве содержание ТМ находилось в пределах ПДК (табл. 1).

Сравнение содержания ТМ в пахотном 0-30 см слое почвы при различном удалении от источника загрязнения со средним химическим составом почвы по А.П. Виноградову [2] показало, что по свинцу, кадмию, цинку (кроме южного направления) и кобальту почти по всем наблюдаемым направлениям было превышение средних показателей. Однако если сравнивать эти значения с ПДК по А. Клоке [8], то они их не превышали.

На участках с одинаковым удалением от источника загрязнения (4 км) в южном и юго-западном направлениях в общем количестве накопленных ТМ отмечалась разница. Это связано с разным содержанием гумуса в почвах, разной ки-

слотностью и неодинаковым рассеиванием техногенных эмиссий, согласно направлению и длине векторов по розе ветров.

У растений есть свой естественный защитный барьер для ТМ. Они проникают в растения ступенчато: корень – проводящий орган – листья – запасающий орган. Наиболее защищенным от проникновения ТМ у растений является орган накопления ассимилянтов – плоды, семена. В наших исследованиях больше всего ТМ накапливалось в вегетативных органах растений. Так, например, содержание их в зеленой массе многолетних трав было выше, чем в плодах ягодных культур (табл. 2).

Так, если свинца в многолетних травах и луговом разнотравье содержалось 2,2-2,8 мг/кг абсолютно сухого вещества, то в плодах шиповника, вишни, черной смородины, ирги – 0,3-0,8 мг, т.е. в

2,8-10,7 раза меньше. Подобные результаты были и по другим химическим элементам. Среди ягодников менее всего ТМ содержалось в ягодах вишни. В ее плодах, взятых на анализ с участков, расположенных в различных направлениях и на разном удалении от источника загрязнения, допустимые концентрации изучаемых ТМ, кроме концентрации кадмия (0,69 против 0,03 по ДОК) по С.Я. Найштейну, Г.В. Меренюку, Г.Я. Чегринцу [6] были в пределах нормы.

Содержание кобальта – 0,12-0,19 мг/кг сухой массы растений было выше показателя среднего элементарного химического состава в растениях по Виноградову (0,02 мг/кг). В плодах черной смородины отмечено превышение допустимых концентраций ТМ свинца, кадмия, цинка, никеля; в плодах ирги – свинца, кадмия, цинка, никеля.

Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в почве при различном удалении от источника загрязнения (лето 1997 г.)

Расстояние от источника загрязнения и направление	Слой почвы, см	Тяжелые металлы, мг/кг почвы									
		свинец	кадмий	марганец	медь	цинк	никель	кобальт	железо	стронций	хром
4 км, южное	0-10	17,6	0,57	283	12,7	47,7	18,2	7,8	4050	2,5	19,6
	10-20	28,8	0,52	357	14,2	46,4	19,4	8,7	4550	3,1	22,3
	20-30	15,9	0,45	316	10,2	44,6	17,6	8,1	4250	3,1	19,5
4 км, юго-западное	0-10	20,6	0,74	540	18,8	84,0	31,8	13,1	12000	5,0	32,4
	10-20	21,4	0,69	762	22,2	84,9	37,9	14,4	12150	4,6	28,9
	20-30	19,5	0,63	523	19,2	76,9	31,3	11,4	11500	4,4	28,1
7 км, юго-западное	0-30	24,1	0,72	392	22,5	176,0	32,4	11,3	9150	9,7	40,6
Валовое содержание ТМ в почве по Wopen, мг/кг	0-30	10	0,06	850	20,0	50,0	40,0	8,0	38000	300	100
Средний химический состав по Виноградову, мг/кг	0-30	10	0,50	800	80,0	50,0	40,0	8,0	37000	300	200
ПДК по Клоке, мг/кг	0-30	100	3,0	-	100,0	300	50,0	-	-	-	100
ПДК (Россия)	0-30	32	3-5	-	-	-	50,0	-	-	-	-

В шиповнике превышение допустимых концентраций ТМ не выявлено, хотя показатели содержания ТМ в плодах, по сравнению с показателями среднего элементарного химического состава растений по А.П. Виноградову [2], были несколько выше. Сравнивая между собой растения по сумме всех накопленных ТМ, можно отметить, что меньше всего их на единицу биомассы аккумулировал в своих плодах шиповник, затем вишня. Затем следует черная смородина и замыкает ряд ягодных культур ирга. Ю.В. Алексеев [1] отмечает неодинаковую толерантность к металлам у растений различных семейств, видов и сортов, что подтверждается нашими исследованиями.

Например, многолетние травы аккумулировали ТМ значительно больше, чем плоды ягодных культур. ТМ по-разному накапливались не только в различных органах одного и тем более разных растений, но и в одинаковых органах. Например, в плодах у разных ягодных культур, даже если они относились к одному семейству (вишня, шиповник,

малина, ирга) и росли на одном участке, их количество было неодинаковым.

На основании проведенных исследований, можно заключить, что рассеивание эмиссий загрязняющих веществ зависит от розы ветров. Самый длинный вектор розы ветров (преобладающих ветров) в нашем опыте направлен с северо-востока на юго-запад. Именно в этом направлении идет основное загрязнение окружающей среды эмиссиями промышленных предприятий, как в городе, так и в пригороде и более отдаленных промышленных районах.

Изучаемые растительные образцы – плоды шиповника и вишни не содержали ТМ в концентрациях превышающих допустимые значения (кроме кадмия в плодах вишни). В образцах многолетних трав, плодах черной смородины и плодах ирги по свинцу, кадмию, цинку и никелю отмечалось превышение допустимых концентраций ТМ в растениях. Значения же содержания ТМ в почве, несмотря на некоторое превышение их средних показателей по Виноградову, были ниже ПДК.

Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в растительных образцах (1997 г.)

Растение	Тяжелые металлы, мг/кг на абсолютно сухое вещество										
	сви- нец	кад- мий	марга- нец	медь	цинк	ни- кель	ко- бальт	желе- зо	строн- ций	ртуть	всего
Многолетние травы	2,8	0,19	38,8	6,2	40,5	1,6	0,91	211	62,2	0,02	364
Шиповник (плоды)	0,3	0,02	5,3	1,3	4,2	0,2	0,12	8	3,5	0,0008	23
Вишня (плоды)	0,4	0,69	3,9	3,3	4,7	0,2	0,19	28	0,7	0,001	42
Черная смородина (плоды)	0,6	0,13	6,5	3,9	12,5	0,6	0,27	58	2,4	0,003	85
Ирга (плоды)	0,8	0,08	14,4	2,9	18,9	0,7	0,44	57	9,4	0,0044	104
Средний элементарный состав растений по Виноградову	0,1	0,01	10	2	3	0,5	0,02	200	1	0,001	217
ДОК в растениях, мг/кг массы (Найштейн, Меренюк, Чегринец, 1987)	0,5	0,03	-	10	10	0,5	-	-	-	-	-

Библиографический список

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Виноградов, А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой / А.П. Виноградов // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М., 1952. – С. 7-20.
3. Манторова (Тараторина), Г.Ф. Распределение металлов по профилю почв г. Челябинска / Г.Ф. Манторова, Ю.В. Анисанов, Н.Н. Казаченок // Учен. Записки ест.-тех. фак-та ЧГПУ: Сб. науч. работ. – Челябинск: изд-во ЧГПУ, 2001. – С. 257-270.
4. Манторова (Тараторина), Г.Ф. Тяжелые металлы в почве и растениях в пригородной зоне г. Челябинска / Г.Ф. Манторова (Тараторина), Ю.В. Анисанов // Проблемы химического загрязнения территорий Челябинской области: Материалы науч. конф., 23-24 декабря 1999 г. – Челябинск, 1999. – С. 35-37.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / А.В. Кузнецов, А.П. Фесюн, С.Г. Самохвалов и др. – М.: ЦИНАО, 1992. – С. 6-9.
6. Найштейн, С.Я., Гигиена окружающей среды и применение удобрений / С.Я. Найштейн, Г.В. Меренюк, Г.Я. Чегринец. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 143 с.
7. Стрнад, В. Влияние внесения водорастворимых солей свинца, кадмия и меди на их поступление в растения и урожайность некоторых сельскохозяйственных культур / В. Стрнад, Б.Н. Золотарева, А.Е., Лисовских А.Е. //Агрoхимия. – 1991.– № 4.– С.76-83.
8. Kloke F. Richtwerte 80. Orientierungsdaten fur tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden // Mitteilungen. – VDLUFA, 1980/ – Н. 1-3.

ФИЗИКО-ХИМИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА НАСИПИЩА С ГЕОЛОГИЧНИ МАТЕРИАЛИ, ИЗГРАДЕНИ ПРИ ДОБИВ НА МЕДНА РУДА

Мартин Банов¹, Павел Павлов²

¹Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията "Никола Пушкиров", София

²Минно-геоложки Университет "Св. Иван Рилски", София

Аннотация. Изследвани са насипища, изградени с геологични материали получени при открит добив на медна руда от района на Еко-Медет.

Получените резултати показват, че насипищата се характеризират с изключително ниско естествено плодородие. То се определя от едрочастичния състав на механичните фракции, ниското съдържание на органично вещество и на хранителни елементи за растенията и силно киселата реакция на средата (рН във вода), съчетано с присъствие на сулфидсъдържащи минерали. Наличието на токсични количества мед и цинк поставя ограничения по отношение използването на територията за отглеждане на фуражна и културна растителност без предварителна мелиорация.

Предложени са групи от мероприятия, които в максимална степен ще преустановят вредното въздействие върху околната среда и населението и ще позволят да се възстанови плодородието на нарушените терени и да се подобри ландшафта на местността.

Key words: geological material, disturbed land, surface mining, biological regeneration, land reclamation.

Увод

Добивът на медна руда е съпроводен с нарушаване на естествените компоненти на околната среда и замърсяване на почвите, водите

и въздуха. При разкривката на рудното тяло се изграждат така наречените външни насипища, които заемат големи площи и изцяло променят ландшафта на местността, в която се провеждат минно-добивните работи. Изнесените на

повърхността геологични материали са токсични за отглеждане на културна растителност без предварителното им мелиориране (Желева, Е. и др., 1998).

Съдържащите се в геологичните субстрати пиритни минерали се окисляват при дренирането на дъждовните води през тялото на насипищата и това води до киселяване на повърхностните и подпочвени води и до замърсяването им с големи количества тежки метали.

Като принцип находищата на медна руда са разположени в планински територии, където възможностите за възстановяване (рекултивация) на нарушените терени са силно ограничени и е необходимо прецизиране на екологичните мероприятия на базата на подробно предварително проучване.

Материал и методи

За обект на изследване послужи територията на Северозападното и Северно насипища, изградени при добива на медна руда в района на Еко-Медет. Рудникът е разположен на около 15 km северно от гр. Панагюрище, в района на курорта "Панагюрски колонии" — на територията на Средна гора. Релефът в района на обекта е средно-планински, силно разчленен, със стръмни склонове до 45° и заоблени била. Надморската височина е около 900 — 1300 m.

В климатично отношение районът на обекта се отнася към Задбалканския припланински и нископланински климатичен район на Преходно-континенталната климатична област.

Средната годишна температура е 10.0 °C. Най-студеният месец е януари — минус 1.1 °C, а най-топлият е юли — 20.6 °C. Температурният максимум е през месеците юли и август, а температурният минимум се наблюдава през месеците декември, януари и февруари.

Годишният ход на валежите има подчертан континентален характер. Максимумът е през юни, а минимумът е през февруари — март. Пролетните и летни валежи са от порядъка на 155 — 178 (196) mm. Тяхното значително количество, съчетано с по-ниските температури определят относително слабите летни засушавания, характерни за района. Зимните и есенните валежи варират в границата на 116 — 139 (147) mm. Средно годишната сума на валежите се изменя от 606 (607) mm до 588 mm.

Най-ранната дата на първия есенен мраз за района на обекта е 09.09., а най-късната дата на последния пролетен мраз е 06.04.

Преобладаващите ветрове са западни и северозападни, със средна скорост до 10 m/s.

Проучваният район е изграден от южнобългарски гранит, биотитови гнайси, двуслюдени и мусковитови гнайси, сенонски и андезитови туфи, мергели, пясъчници, горнокредни вулкани, както и от съвременни алувиални и делувиални материали. Върху изветрителните продукти на тези скали са образувани разпространените в района кафяви горски почви.

За установяване на физичните и химични характеристики на субстратите, изграждащи насипищата в района на Еко-Медет са взети проби от повърхността им на дълбочина 0 — 25 cm — коренообитаемия слой за растенията. Всяка проба

е смес от 9 единични проби, взети равномерно в центъра и по периметъра на кръг с диаметър 5 m. Събраните проби се анализират по отношение на следните показатели:

- разпределение на механичните фракции (Качинский, 1958);
- общо количество карбонати (Аринушкина, 1970);
- съдържание на общ въглерод (Пономарьова и др., 1975);
- общи форми на азот и фосфор (Урумова, 1974);
- реакция на средата (pH във вода) (Аринушкина, 1970);
- общо количество микроелементи (Аринушкина, 1970);

Резултати и обсъждане

Получените аналитични резултати показват, че геологичните материали (субстрати), от които са изградени Северозападното и Северно насипища се характеризират със следните физични и химични показатели (табл. 1, 2 и 3).

По отношение разпределението на механичните фракции изследваните материали се отличават с високо съдържание на скелет /частици, по-големи от 1 mm/, което при повечето изследвани проби е над 35 — 40 % (табл.1). Количеството на физичната глина (частици < 0.01 mm) е много малко и достига до 10 — 12 %. Колоидната фракция (частици < 0.001 mm) е в рамките на 1.7(1,9) — 8.4 %. Важна особеност е високото съдържание на пясъккливи фракции (табл.1). Грубомеханичният състав на минералната маса в изследваните материали е предпоставка за ниското им естествено плодородие, свързано с влошени физични и водно-физични свойства.

При полското проучване на обекта бе установено, че голяма част от територията на двете насипища е покрита с едри скални късове (до 1 — 2 m в диаметър), което се явява допълнително затруднение при провеждането на рекултивационните мероприятия.

Съдържанието на общ въглерод класифицира изследваните материали като незапасени с органично вещество — хумус (табл.2). Съответно на ниското количество органично вещество са и ниските стойности на усвоимите хранителни елементи за растенията — азот и фосфор (табл.2).

Киселинността на средата, като един от най-важните фактори, определящ характера на изветрителните и почвообразователни процеси показва следните тенденции. Изследваните проби от територията на обекта се характеризират със стойности на pH в границите на киселите значения на показателя — pH във вода се изменя от 2.9 до 4.8 (табл.2). Ниското pH определено е резултат от състава на геологичните субстрати, които поради съдържанието си на сулфидни минерали довеждат до допълнително киселяване на средата. Изнесени на повърхността те се окисляват изключително интензивно, при което се образува сярна киселина. Окислението на сулфидните минерали се съпровожда от закономерен и непрекъснат ръст на окислително-редукционния потенциал, увеличаване на активната и обменна киселинност и повишаване концентрацията на водоразтворимите со-

ли. Ниските стойности на показателя създават условия за наличие на окисни и хидроокисни форми на тежки метали, които попадат в почвения разтвор и са токсични за растенията (Маринкина, 1999).

Тази подчертано агресивна среда обуславя протичането на редица деградационни процеси, частично или напълно подтиска жизнената дейност на организмите и забавя естественото самовъзстановяване на териториите, което ги превръща в активен източник на водна и ветрова ерозия (Маринкина, 1999).

При определяне на екологичните характеристики на изследваните проби е използвана нормативната база за допустимо съдържание на цинк, мед, никел, олово и кадмий при съответно рН на средата (Наредба № 3 за норми относно допустимото съдържание на вредни вещества в почвата; Наредба за допълнение на Наредба № 3 от 1979 г. за норми относно допустимото съдържание на вредни вещества в почвата). Изследванията показват, че територията на насипищата се характеризира с наличие на токсични количества мед и цинк в геологичните материали (табл.3). При определяне степента на замърсеност с тежки метали е използвана следната скала, съобразно пределно допустимите концентрации (ПДК) (Инструкция за определяне, 1994):

- незамърсени — > 1.0 ПДК;
- слабо замърсени — от 1.1 до 2.0 ПДК;
- средно замърсени — от 2.1 до 3.0 ПДК;
- силно замърсени — от 3.1 до 5.0 ПДК;
- опасно замърсени — > 5.0 ПДК.

Получените аналитични данни свидетелстват за силна до опасна замърсеност с цинк и опасна замърсеност с мед. По отношение на другите изследвани елементи обекта е незамърсен.

На територията на обекта не се наблюдават самозаселили се растителни видове, което е допълнително доказателство за изключително неблагоприятните физико-химични условия на средата. Установени са само отделни растения от вида *Betula Verrucosa* (Бреза), които се наблюдават на равните повърхности на Северозападното насипище.

Киселите условия на средата, съчетани с повишеното съдържание на тежки метали и наличието на пиритни минерали в геологичните субстрати предизвиква вкисляване и замърсяване на дъждовните води, които дренират през тялото

на насипищата. Попадайки в руслото на р. Медетска, която преминава през територията на обекта, те представляват определена опасност за околната среда и здравето на хората и животните.

Заклучение

Проведеното изследване показва, че насипищата от района на Еко-Медет, изградени от геологични материали, получени при открит добив на медна руда, се характеризират с изключително ниско естествено плодородие. То се определя от едрочастичния състав на механичните фракции, ниското съдържание на органично вещество и на хранителни елементи за растенията и силно киселата реакция на средата (рН във вода), съчетано с присъствие на сулфидсъдържащи минерали. Наличието на токсични количества мед и цинк поставя ограничения по отношение използването на територията за отглеждане на фуражна и културна растителност без предварителна мелиорация.

На основание на гореизложеното предлагаме при рекултивацията на обекта да се обърне внимание на следните мероприятия, които в максимална степен ще преустановят вредното въздействие върху околната среда и населението и ще позволят да се възстанови плодородието на нарушените терени и да се подобри ландшафта на местността.

1. Подравняване повърхността на насипищата и преоткосиране на склоновете.

2. Насипване на геологични материали с подходящи физико-химични свойства, с оглед създаване на подходяща среда за отглеждане определени растителни видове.

3. Мелиориране повърхността на насипищата чрез внасяне на варови материали и оборска тор.

4. Залесяване или затревяване повърхността на насипищата. Да се използват подходящи растителни видове, устойчиви на киселите условия на средата. Получената растителна маса при затревяване да не се използва за фураж, а да се заорава.

5. Противоерозионно укрепване на склоновете на насипищата.

6. Изграждане на система от съоръжения за управление на повърхностните води и отвеждането им в естествената хидрографска мрежа. Намаляване на количеството на дрениралите през тялото на насипищата дъждовни води.

Таблица 1 - Механичен състав на проби от района на Еко-Медет

Пластове и дълбоч. на пробата/cm/	Загуба от обраб. със HCl	Размер на частиците в mm							
		сума >1	1 - 0,25	0,25 - 0,05	0,05 - 0,01	0,01 - 0,005	0,005 - 0,001	сума <0,001	сума <0,01
Северозападно насипище									
1. 0 - 25	-	38,5	23,3	16,5	11,4	2,4	3,6	4,3	10,3
2. 0 - 25	-	51,3	28,5	6,8	4,9	1,7	1,7	5,1	8,5
3. 0 - 25	-	27,6	38,2	12,7	8,7	3,1	5,9	3,8	12,8
4. 0 - 25	-	47,9	30,8	7,8	6,7	1,3	1,8	3,7	6,8
5. 0 - 25	-	13,7	37,1	18,3	10,3	6,4	7,0	7,2	20,6
6. 0 - 25	-	48,2	29,2	6,5	8,1	1,7	2,5	3,8	8,0

Пластове и дълбоч. на пробата/cm/	Загуба от обраб. със HCl	Размер на частиците в mm							
		сума >1	1 - 0,25	0,25 - 0,05	0,05 - 0,01	0,01 - 0,005	0,005 - 0,001	сума <0,001	сума <0,01
7. 0 - 25	-	29,6	33,9	14,8	7,1	4,0	4,2	6,4	14,6
8. 0 - 25	-	60,6	22,6	7,4	2,7	1,5	2,1	3,1	6,7
9. 0 - 25	-	38,1	31,4	10,6	7,4	1,7	3,6	7,2	12,5
10. 0 - 25	-	54,3	22,6	6,1	8,3	2,1	3,4	3,4	8,7
11. 0 - 25	-	46,8	30,5	9,7	6,4	1,4	2,7	2,5	6,6
12. 0 - 25	-	38,5	32,7	9,9	7,6	1,9	3,6	5,8	11,3
13. 0 - 25	-	52,2	24,2	7,3	6,9	1,3	3,5	4,6	9,4
14. 0 - 25	-	43,6	29,8	10,8	8,2	1,8	2,1	3,7	7,6
15. 0 - 25	-	25,6	38,7	13,7	8,6	4,4	2,7	6,3	13,4
16. 0 - 25	-	32,8	38,8	12,3	5,6	3,4	2,5	4,6	10,5
Северно насипище									
1. 0 - 25	-	37,4	40,4	6,8	6,9	3,3	2,4	2,8	8,5
2. 0 - 25	-	50,2	26,4	12,2	6,1	1,4	1,3	2,4	5,1
3. 0 - 25	-	37,9	34,4	10,0	6,9	3,0	3,1	4,7	10,8
4. 0 - 25	-	8,6	48,8	16,3	10,3	3,8	4,8	7,4	16,0
5. 0 - 25	-	48,0	45,0	1,6	1,7	1,2	0,6	1,9	3,7
6. 0 - 25	-	36,1	27,2	9,8	6,4	5,7	6,4	8,4	20,5
7. 0 - 25	-	29,7	23,9	17,6	11,9	5,4	5,1	6,4	16,9
8. 0 - 25	-	40,2	31,9	9,0	6,3	4,4	3,2	5,0	12,6
9. 0 - 25	-	46,1	31,2	11,4	2,9	1,4	2,7	4,3	8,4
10. 0 - 25	-	50,2	33,3	9,6	3,5	0,4	0,6	2,4	3,4
11. 0 - 25	-	44,9	28,3	13,1	6,5	2,1	1,3	3,8	7,2
12. 0 - 25	-	40,1	32,5	10,1	5,9	3,7	2,9	4,8	11,4
13. 0 - 25	-	56,6	22,2	8,2	5,7	1,9	2,2	3,2	7,3
14. 0 - 25	-	31,4	35,1	10,7	11,1	1,8	4,4	5,5	11,7
15. 0 - 25	-	32,0	33,7	16,3	7,5	3,4	2,3	4,8	10,5
16. 0 - 25	-	33,9	21,5	12,3	9,7	6,8	8,3	7,5	22,6
17. 0 - 25	-	55,4	24,2	7,6	4,3	2,8	2,4	3,3	8,5
18. 0 - 25	-	33,6	34,3	12,7	6,5	5,4	2,6	4,9	12,9
19. 0 - 25	-	38,9	31,4	13,1	7,8	2,4	2,1	4,3	8,8
20. 0 - 25	-	44,2	31,2	11,3	5,7	3,5	1,8	2,3	7,6
21. 0 - 25	-	35,3	40,9	10,0	4,7	3,9	2,6	2,6	9,1
22. 0 - 25	-	22,6	43,3	15,1	5,8	4,1	3,3	5,8	13,2

Таблица 2 - Химични свойства на проби от района на Еко-Медет

Пластове и дълбоч. на пробата /cm/	Хигроскопична влага /%/	Общ С /%/	pH във вода	Карбонати /%/	Общ азот /%/	Общ фосфор /%/
Северозападно насипище						
1. 0 - 25	3,15	0,12	4,1	0,27	0,017	0,135
2. 0 - 25	4,26	0,20	3,9	0,39	0,019	0,147
3. 0 - 25	3,52	0,10	4,2	0,45	0,009	0,162
4. 0 - 25	2,0	0,24	4,0	0,35	0,027	0,115
5. 0 - 25	3,24	0,37	3,8	0,42	0,027	0,169
6. 0 - 25	4,21	0,30	3,9	0,32	0,025	0,145

Пластове и дълбоч. на пробата /cm/	Хигроскопична влага /%/	Общ С /%/	pH във вода	Карбонати /%/	Общ азот /%/	Общ фосфор /%/
7. 0 - 25	4,32	0,49	4,0	0,42	0,019	0,185
8. 0 - 25	3,55	0,09	3,5	0,21	0,035	0,123
9. 0 - 25	2,15	0,12	3,7	0,32	0,023	0,163
10. 0 - 25	2,68	0,21	4,1	0,27	0,018	0,142
11. 0 - 25	3,11	0,14	4,0	0,28	0,009	0,190
12. 0 - 25	3,62	0,30	3,9	0,35	0,026	0,172
13. 0 - 25	5,12	0,26	4,3	0,42	0,000	0,267
14. 0 - 25	2,67	0,32	4,1	0,26	0,032	0,092
15. 0 - 25	3,79	0,41	4,2	0,42	0,027	0,088
16. 0 - 25	4,17	0,13	3,8	0,38	0,023	0,146
Северно насипище						
1. 0 - 25	2,17	0,68	3,2	-	0,019	0,263
2. 0 - 25	2,53	0,57	3,5	-	0,019	0,226
3. 0 - 25	1,58	0,44	3,1	-	0,027	0,093
4. 0 - 25	1,60	0,31	3,1	-	0,009	0,191
5. 0 - 25	4,78	0,16	4,8	-	0,009	0,065
6. 0 - 25	3,86	0,30	3,4	-	0,019	0,172
7. 0 - 25	4,18	0,15	2,9	-	0,009	0,090
8. 0 - 25	4,19	0,75	3,6	-	0,009	0,187
9. 0 - 25	2,65	0,22	3,3	-	0,009	0,119
10. 0 - 25	0,97	0,60	4,8	-	0,009	0,140
11. 0 - 25	2,17	0,25	4,2	-	0,018	0,187
12. 0 - 25	3,24	0,13	4,3	-	0,011	0,173
13. 0 - 25	1,76	0,63	4,6	-	0,022	0,175
14. 0 - 25	1,62	0,90	5,2	-	0,019	0,181
15. 0 - 25	2,00	0,54	3,6	-	0,009	0,135
16. 0 - 25	2,53	0,42	4,1	-	0,019	0,236
17. 0 - 25	3,05	0,41	3,7	-	0,000	0,192
18. 0 - 25	3,40	0,32	3,0	-	0,019	0,156
19. 0 - 25	2,84	0,40	5,4	-	0,009	0,131
20. 0 - 25	3,82	0,51	3,2	-	0,015	0,095
21. 0 - 25	2,55	0,76	3,4	-	0,022	0,095
22. 0 - 25	3,48	0,73	3,1	-	0,009	0,222

Таблица 3 - Екологична характеристика на проби от района на Еко-Медет

Пластове и дълбоч. на пробата/cm/	pH във вода	Превишение спрямо ПДК в съдържанието на микроелементи				
		Znmg/kg	Cumg/kg	Nimg/kg	Pbmg/kg	Cdmg/kg
Северозападно насипище						
1. 0 - 25	4,1	3,2	15,6	-	0,3	-
2. 0 - 25	3,9	4,0	24,0	0,3	0,3	-
3. 0 - 25	4,2	4,5	17,1	-	0,2	-
4. 0 - 25	4,0	4,5	29,2	0,4	0,3	-
5. 0 - 25	3,8	6,9	13,9	-	0,5	-
6. 0 - 25	3,9	5,2	28,3	0,3	0,4	-
7. 0 - 25	4,0	4,8	33,9	-	0,4	-
8. 0 - 25	3,5	7,4	14,2	0,2	0,3	-

Пластове и дълбоч. на пробата/cm/	рН във вода	Превишение спрямо ПДК в съдържанието на микроелементи				
		Znmg/kg	Cumg/kg	Nimg/kg	Pbmg/kg	Cdmg/kg
9. 0 - 25	3,7	8,5	18,6	0,3	0,7	-
10. 0 - 25	4,1	3,9	20,3	-	0,3	-
11. 0 - 25	4,0	5,1	13,9	-	1,0	-
12. 0 - 25	3,9	6,0	26,8	0,3	0,5	-
13. 0 - 25	4,3	3,5	13,5	0,3	0,3	-
14. 0 - 25	4,1	4,3	23,0	0,2	0,5	-
15. 0 - 25	4,2	3,7	23,9	0,3	0,3	-
16. 0 - 25	3,8	6,3	23,9	0,4	0,6	-
Северно насипище						
1. 0 - 25	3,2	6,2	43,2	-	1,9	-
2. 0 - 25	3,5	7,8	40,0	-	1,1	-
3. 0 - 25	3,1	5,2	11,5	-	1,3	-
4. 0 - 25	3,1	6,6	50,8	-	0,6	-
5. 0 - 25	4,8	1,3	3,6	0,3	0,8	-
6. 0 - 25	3,4	6,1	18,8	0,2	3,0	-
7. 0 - 25	2,9	7,8	7,2	-	0,8	-
8. 0 - 25	3,6	3,4	33,0	0,1	0,8	-
9. 0 - 25	3,3	5,0	12,5	0,1	0,7	-
10. 0 - 25	4,8	2,0	14,2	0,3	0,3	-
11. 0 - 25	4,2	3,4	16,0	-	0,6	-
12. 0 - 25	4,3	3,0	19,7	0,1	0,8	-
13. 0 - 25	4,6	3,2	29,2	0,2	0,6	-
14. 0 - 25	5,2	2,1	11,3	0,2	0,5	-
15. 0 - 25	3,6	5,5	44,0	0,1	0,9	-
16. 0 - 25	4,1	2,9	22,0	-	2,1	-
17. 0 - 25	3,7	4,9	31,8	-	1,1	-
18. 0 - 25	3,0	3,3	23,2	0,4	0,8	-
19. 0 - 25	5,4	1,6	8,3	0,2	0,1	-
20. 0 - 25	3,2	6,6	35,8	0,3	1,2	-
21. 0 - 25	3,4	6,1	26,1	-	1,2	-
22. 0 - 25	3,1	7,1	9,5	-	1,7	-

Библиографическия списък

1. Аринушкина, Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв, М.
2. Желева, Е., М. Нусторова и др. 1998. Изследвания върху свойствата на насипните материали от нарушени терени при добив на руди за цветни метали във връзка с лесобиологичната им рекултивация. Сборник научни доклади от Юбилейна научна конференция "70 години Институт за гората", БАН, София.
3. Инструкция за определяне на вида и степента на замърсяването на земеделските земи по землища и режима на тяхното ползване. 1994. Бюлетин № 27 на Министерство на земеделието.
4. Качинский, Н. 1958. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения, М.
5. Маринкина, В. 1999. Проучване и възможности за рекултивация на сулфидсъдържащи материали, получени при открит въгледобив. Дисертация, С.
6. Пономарьова, В., Т. Плотникова. 1975. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных), Ленинград.
7. Урумова А. 1974. Метод за разлагане на пробите при определяне на общ азот и общ фосфор в почвата, сп.Почвознание и агрохимия, кн.5.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ОЛЕДЕНЕНИИ КЧР INTEGRAL FUNCTION OF SNOW IN GLACIATION KCR

Тохчуков Ш.Ю., аспирант

Карачаево-Черкесский государственный университет им. У.Д. Алиева

Аннотация: приведены эмпирические данные пространственно-временного распределения толщины снежного покрова в высотнo-поясных дифференциациях Карачаево-Черкесской республики. Установлены физико-географические особенности аккумуляции снега в горных долинах КЧР. Проанализирована динамика снегонакопления в горной части региона. Рассмотрена взаимосвязь снежного покрова с ледниками. Работа предназначена для специалистов в области эколого-географической деятельности и рекреационного природопользования.

Abstract. Empirical data spatio-temporal distribution of snow cover in the altitude-belt differentiations Karachay-Cherkess Republic. Set physiographic features accumulation of snow in the mountain valleys of KCR. The dynamics of snow accumulation in the mountains of the region. The interrelation of snow cover and glaciers. The work is intended for specialists in the field of ecological and geographic activities and recreational nature.

Ключевые слова: горный рельеф, снежный покров, толщина снега, абсолютная высота, динамика, распределение снега, ледники, осадки, градиент, снеговая граница, гидрометеостанции.

Keywords: mountainous terrain, snow cover, snow depth, altitude, dynamics, distribution of snow, glaciers, rainfall gradient, snow limit, Hydrometeorostation.

Одной из важнейших характеристик ландшафта в зимний период являются свойства снежного покрова - его мощность и плотность. От этих показателей зависит как глубина промерзания грунта, так и запас содержащейся в снегу воды. Снежный покров - слой снега на поверхности Земли, образовавшийся в результате снегопадов и метелей. Снежный покров обладает малой плотностью, возрастающей со временем, особенно к весне. Альбедо свежеснеговывающего снега - 70-90%, весеннего, тающего - 30-40%. Поверхность снежного покрова в значительной степени формируется под воздействием солнечной радиации и ветров. Снежный покров оказывает огромное влияние на климат, рельеф, гидрологические и почвообразовательные процессы, жизнь растений и животных. Снежный покров предохраняет почву от глубокого промерзания и сохраняет озимые посевы, поглощает азотистые соединения, удобряя тем самым почву, адсорбирует атмосферную пыль, охлаждает приземные слои воздуха.

Лед и снег в системе прямых и обратных связей изучены не достаточно хорошо [1,2], хотя предполагается, что глобальное потепление может усилиться за счет сокращения площади, занятой ледниками, снежным покровом, и уменьшения альбедо земной поверхности.

Снежный покров является важным компонентом горных геосистем и режима ледников. На территории Карачаево-Черкесии выделяются зоны: неустойчивого, переменного и постоянного снежного покрова. Нижняя граница постоянного снежного покрова представляет собой уровень климатической снеговой линии, которая располагаясь на высоте около 3450 – 3500 м. н. у. м. в районе Главного и Бокового Хребтов не распространяется на Передовой хребет [3]. Снеговые линии являются одним из основных гидроклиматических показателей горных стран. По высоте снеговых линий можно оценить условия существования и интенсивность деградации современного оледенения [4]. Снеговая линия в

КЧР наиболее низко находится на Главном хребте. Различия в высотах снеговой линии определяются: температурой воздуха, снегозапасами и удаленностью от Главного хребта. Поскольку в районе Главного хребта расположено основное оледенение там отмечается и пониженный фон температуры воздуха, связанной с охлаждающим влиянием ледников. Сравнительно небольшая высота снеговой линии отмечается в бассейнах рек Большая Лаба, Большой Зеленчук и Теберда, где выпадает большее количество атмосферных осадков в сравнении с восточной частью бассейна Кубани. В зоне постоянного снежного покрова продолжительность его залегания составляет 365 дней. Толщина снега в теневых участках рельефа достигает нескольких метров и представляет собой фирновые области современных ледников. Большое влияние на снежный покров здесь оказывают метелевые и лавинные переносы, перемещающие дополнительные к осадкам массы снега.

При общем увеличении температуры воздуха и количества выпадающих осадков [5], вероятно, имеет место перераспределение их по состоянию (жидкие, твердые) и сезонам года. В отдельные (1980 – 1983гг.), на отметках 2600 - 2800 м. отмечалось также увеличение мощности снежного покрова на некоторых ледниках: Богуйчат (№105), Санчаро (№53). Однако общая тенденция снижения ежегодного снегонакопления, по состоянию на 25 марта сохраняется и в настоящее время. Данный контекст согласуется с утверждениями отдельных авторов указывающих, что: «радиус пространственной корреляции гидротермических параметров в горах есть векторная величина, имеющая горизонтальную и вертикальную структуру» А. Погорелов [1] и наличие вертикального и горизонтального градиентов гидротермических показателей при удалении от Главного Кавказского хребта (ГКХ) В. Онищенко, [6].

Наблюдения за снежным покровом делятся на ежедневные периодические наблюдения.

При наблюдениях за снежным покровом определяют:

- Степень покрытия окрестности снежным покровом.
- Характер залегания снежного покрова на местности.
- Структуру снега.
- Высоту снежного покрова.

Условно принято, что максимальный снежный покров устанавливается к 25 марта и эта дата используется для составления гидрологических и гляциологических прогнозов. Методика приближенного расчета средней высоты максимального снежного покрова, в интервале высот 1800 – 3200 м. н.у.м. приводится в работах [7, 11].

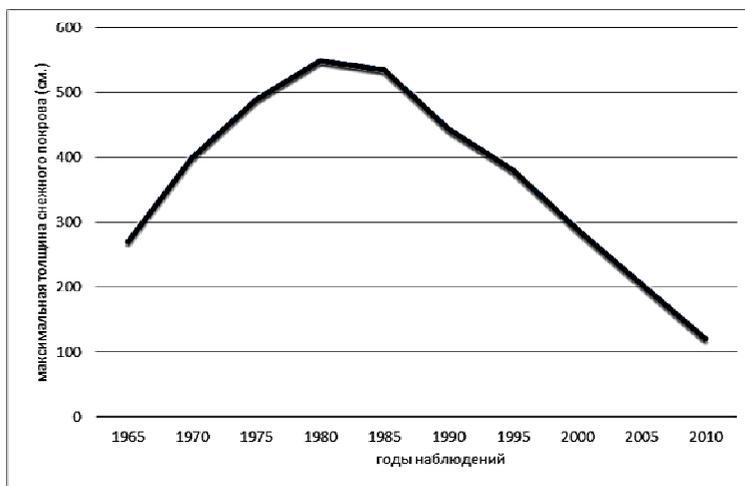


Рис.1- Динамика толщины снежного покрова на ледниках Карачаево-Черкесии

Анализ динамики высоты снежного покрова на ледовых панцирях КЧР указывает на весьма значительное ее варьирование, от 180 см. в середине 70-х годов до 280 см. ближе к 80-му десятилетию прошлого века. Однако повышение температуры воздуха, связанное с глобальными процессами, усугубляемыми региональной хозяйственной деятельностью [6] и снижение твердых осадков сохраняли общий фон сокращения современного оледенения в республике (Рис. 1), при условии, что снежный покров является одним из основных компонентов режима ледников [3].

Для более полного выявления характера динамики снежного покрова, в различных высотных зонах и физико-географических условиях республики приводятся многолетние показатели наблюдений метеостанций Росгидромета, табл. 1.

Показатели средней максимальной величины снежного покрова приведенные в таблице являются наиболее информативными характеристиками снегонакопления и его распределения в сложных орографических условиях горной Карачаево-Черкесии. В расчеты включены предшествующие многолетние исследования сезонного распределения толщины снежного покрова, с целью установления сроков ее максимума.

Вертикальное распределение мощности снега по территории КЧР весьма разнообразно в зависимости от ороклиматических контрастов. Увеличиваясь с возрастанием абсолютных высот от 1 см. (928 м.) в предгорьях до 136 см. (2037 м.) у Главного хребта и 2 см. на высоте 2070 м. на Скалистом хребте снежный покров подчинен микро масштабным особенностям положения метеопунктов (микро и мезо рельефу, метелево-ветровому режиму, экспозиции, удаленности от ГКХ и др.). Как и выпадающие осадки, толщина снега уменьшается в зоне «дождевой тени». (На М. Клухорский Перевал

она максимальна – 136 см.) Максимальные значения толщины снега отмечены на высотах до 1500 м. и М Шаджатмаз (2070 м.) в январе, вблизи ГКХ – в феврале и марте. Используя процедуру «сглаживания» высотного тренда толщины снежного покрова по многолетним данным линейных маршрутов на поверхности ледников получено графическое изображение общей регрессии, рис. 3, из которого следует, что «поведение» снежного покрова на ледниках подчинено определенным географическим закономерностям. На ледниках Карачаево-Черкесии толщина снежного покрова за сезон увеличивается до отметок около 2700 м., в среднем на 34 см. (100 м). Дальнейшее повышение абсолютной высоты или не отражается на накоплении снежной массы или имеет тенденцию к ее снижению. Возможно снежное поле выше отметки 2700 м. в меньшей степени подвержено влиянию физико-географических процессов (лавин, оползней, осовов, снежных наносов). Если принять данные снежного покрова по М. Клухорский Перевал за нулевой отсчет, то относительные показатели высоты снежного покрова по бассейнам горных рек, в том числе на ледниках Карачаево-Черкесии отражают основной характер снегонакопления в республике, табл. 2.

Вертикальное распределение толщины снежного покрова га в горах КЧР, при анализе данных приведенных к единой геосистеме также разнообразно в силу ороклиматических контрастов. Тем не менее, они позволяют находить адекватные изменения снежных полей по бассейнам основных водных артерий. Из табл. 2 следует, что закономерно уменьшения толщины снега в регионе, с запада на восток, по высотным поясам, как отмечают некоторые авторы [3] не наблюдается. Особенно в высокогорной зоне (2500 – 3000 м.).

Таблица 1 - Средняя многолетняя высота снежного покрова.

Домбай	Шаджатмаз	Теберда	Клухорский Перевал	Зелен- чукская	Архыз	Станция	
6	3	3	и	1	2	1	Ноябрь
8	4	4	21	2	3	2	
19	6	6	35	2	4	3	
22	6	6	46	3	7	1	Декабрь
32	8	8	62	4	10	2	
40	8	8	74	6	13	3	
45	9	9	87	6	16	1	Январь
54	11	11	101	7	25	2	
61	11	11	107	7	26	3	
73	12	12	116	8	25	1	Февраль
81	10	10	125	7	23	2	
86	9	9	133	5	22	3	
85	7	7	143	4	21	1	Март
74	4	4	141	1	17	2	
68	2	2	136	1	10	3	
42	1	1	112	•	2	1	Апрель
16	1	1	79	•	0	2	
•	•	•	49	•	•	3	
215	71	91	364	40	118	см.	Максимум
02.03.1999	04.03.1993	09.01.1987	31.01.1987	16.02.1994	14.01.1968	Дата.	
1600	2070	1328	2037	928	1450	Высота рельефа м. над уровнем моря	

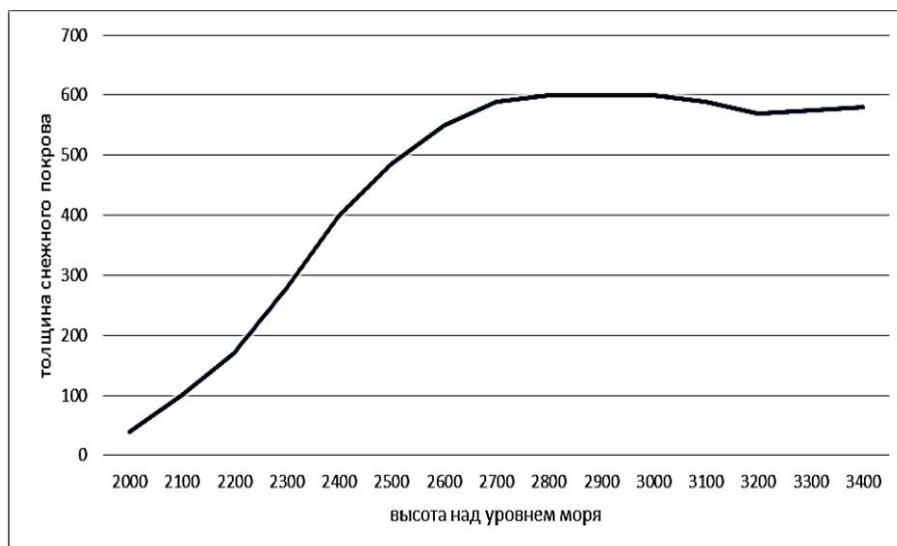


Рис.2. - Распределение снежного покрова по высотным уровням на ледниках КЧР.

В долине Б. Лаба – западная граница КЧР толщина снежного покрова в высокогорной зоне минимальная. По данным экспедиционных наблюдений в долине Архыз зафиксировано её увеличение до 450 см, максимальная величина (600 см) отмечена в высокогорье долины Маруха, что почти в 3 раза выше, чем на М. Клухорский Перевал и в долине Б. Лаба. При дальнейшем продвижении на восток, последовательно к долинам Аксаут, Теберда, Учкулан и Уллукам отмечается уменьшение толщины снежного покрова. В нижнем поясе высоко-

когорной зоны (2000 – 2500 м.) распределение толщины снежного покрова с запада на восток сохраняется постепенное снижение, от максимального в долине Б. Лаба до минимального значения на восточной долине Уллукам. Исключением представлена долина Архыз, где в этой высотной зоне преобладающие воздушные потоки перераспределяют твердые осадки по соседним высотным зонам. В верхнем поясе среднегорья КЧР (1550 – 2000 м.), наблюдается весьма значительное, в 3 раза, снижение толщины снежного покрова, от Б.

Лабы до Аксаута, включая долины Архыз и Маруха. На фоне общего снижения в этом высотном поясе, с запада на восток, в долинах Маруха и Теберда, все же регистрируется повышение снежной толщи. Снижение высоты снежного покрова с запада на восток в регионе сохраняется и в среднегорье (1000

– 1500 м). Однако и в этом поясе аномальной является долина Теберда. По всем долинам Карачаево-Черкесии увеличивается накопление толщины снежного покрова с повышением абсолютной высоты.

Таблица 2 - Средняя высота снежного покрова по высотным зонам в долинах рек КЧР

Бассейны рек	Высотная зона, м.			
	1000-1500	1500-2000	2000-2500	2500-3000
Уллукам	7-5	18-13	112-80	175-125
Учкулан	10-7	55-39	132-94	182-130
Теберда	24-17	116-83	137-98	231-165
Аксаут	22-16	49-35	185-132	279-199
Маруха	21-15	82-59	308-220	455-325
Архыз	24-17	69-49	158-113	203-145
Б. Лаба	24-17	218-156	320-229	168-120
Среднее	19-14	87-62	193-138	242-173

Среднегорья КЧР отличаются географическим разнообразием в лесном поясе, что несомненно является основным фактором распределения физических свойств снега. В интервале абсолютных высот 1400-2000, по мере повышения увеличивают свои значения толщина и водность снега. Ближе к верхней границе леса (2000-2400 м.) значения всех показателей снижаются. Снег приобретает свойства более рыхлого состояния. Запас воды в снеге в отдельных случаях достигает 1096 мм в 1987 году, опускаясь в нижних уровнях среднегорий до 22 мм в 2011 году.

Выполненное исследование дополняет информационный банк, характеризующий закономерности распределения и пространственно-временной изменчивости характеристик снежного покрова. Установленные физико-географические механизмы распределения полей снежного покрова отражают динамику накопления водных запасов в регионе при условии дальнейшего изменения современного природно-климатического сценария.

Библиографический список

1. Погорелов А.В. Снежный покров Большого Кавказа. Опыт пространственно-временного анализа. Международная академическая изд. компания «Наука / Интерпериодика». Научное издание. ИКЦ Академкнига. М.: 2002 – 287 с.
2. Глобальное потепление. Доклад Гринпис / Под ред. Дж Лепетта. М.: Изд-во МГУ, 1993 – 272 с.
3. Лурье П.М., Крохмаль А.Г., Панов В.Д., Панова С.В., Тамов М.Ч. Карачаево-Черкесия: климатические условия. Отв. редактор д. г-м. н., проф. Ю.П. Хрусталева. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2000.– 196 с.
4. Лурье П.М., Панов В.Д., Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Снежный покров и ледники бассейна реки Кубани. Труды Тебердинского государственного природного

- биосферного заповедника. Выпуск 41. Северокавказское изд. МИЛ. Кисловодск, 2006, - 243 с.
5. Онищенко В.В., Шилова О.А. Динамика некоторых климатических характеристик в условиях высокогорья // Сб. научных трудов ЦНИЛ Главохоты РСФСР // «Экологические исследования на Северо-Западном Кавказе». М, 1985. С. 141-152.
6. Онищенко В.В., Дега Н.С. Устойчивое развитие Карачаево-Черкесии в условиях современной организации горных экосистем // Устойчивое развитие горных территорий. Международный научный журнал №1. Владикавказ, 2009 – С.49 – 54.
7. Ильичев Ю.Г., Д.С. Салпагаров. Малые формы оледенения, распространения, режим и динамика (на примере Западного Кавказа). Труды Тебердинского государственного природного биосферного заповедника. Выпуск 34. НИА-Природа. М., 2003. 127
8. Хрусталева Ю.П., Панова С.В. Снеговые линии Большого Кавказа. Ростов н/Д: Изд. РГУ, 2002. 143 с.
9. Дега Н.С., Онищенко В.В., Тохчуков Ш. Ю. Озерно-гляциальный баланс Восточно-Клухорского рекреационного комплекса // Современное состояние естественных и технических наук: Материалы XI Международной научно-практической конференции (14.06.2013). – М.: Издательство «Спутник+», 2013. – С. 76 – 84 (0.9 у.п.л.).
10. Заруднев В.М., Салпагаров А.Д., Ильичев Ю.Г., Хома И.И. Снежные лавины Западного Кавказа. Труды Тебердинского государственного природного биосферного заповедника. Выпуск 37. Теберда-Ставрополь, 2004, 190 с.
11. Ильичев Ю.Г., Салпагаров А.Д. Снежный покров, снежники, ледники, горные озёра – холодное богатство Карачаево-Черкесии. Труды Тебердинского государственного природного биосферного заповедника. Выпуск 49. Теберда, 2009. 224 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОИСТОЧНИКОВ ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE ENTERPRISES OF MINING INDUSTRY ON THE CONDITION OF SUPERFICIAL WATER SOURCES

Парышев В.В., магистрант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский Государственный университет» (национально-исследовательский университет)

Аннотация. Сброс сточных вод в пригородные водоемы составляет миллионы кубометров в год и большинство из них загрязненные. Содержащиеся в сточных водах вещества, попадая в значительных количествах в водоёмы, ухудшают их санитарное состояние и гидробиологический режим. Поэтому перед выпуском в водоёмы должна осуществляться обязательная очистка сточных вод.

Summary. Dumping of sewage in suburban reservoirs makes millions of cubic meters the year and the majority of them polluted. The substances containing in sewage, getting in significant amounts to reservoirs, worsen their sanitary state and the hydrobiological mode. Therefore before release in reservoirs obligatory sewage treatment has to be carried out.

Ключевые слова: горная промышленность, влияние, загрязнение, водоём, индекс загрязненности воды, очистка сточных вод.

Keywords: mining industry, influence, pollution, reservoir, index of impurity of water, sewage treatment.

Интенсивное промышленное освоение области без наличия генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов привело к значительному загрязнению большинства водоемов области и дефициту водных ресурсов.

Сброс сточных вод в пригородные водоемы составляет миллионы кубометров в год и из них до 80% - загрязненные. Производственные сточные воды предприятий горной промышленности могут быть разделены на две основные группы: воды, образующиеся при разработке месторождений, и сточные воды обогатительных предприятий.

В зависимости от способа разработки, сточные воды подразделяются на шахтные (при подземной добыче), карьерные (при поверхностной отработке месторождения), а также воды гидромеханизации. Состав сточных водобогажительных фабрик разнообразен и зависит от природы сырья и технологии обогащения. Наиболее велик спектр загрязнений сточных вод обогатительными фабриками в цветной металлургии, которые, помимо ионов цветных металлов, загрязнены флотореагентами (ксантогенаты, высокомолекулярные спирты, ПАВ, жирные кислоты, масла, нефтепродукты и пр.), цианидами, растворимыми сульфидами, ионами рассеянных элементов (селен, теллур и т.д.) и рядом других веществ.

Содержащиеся в сточных водах вещества, попадая в значительных количествах в водоёмы, ухудшают их санитарное состояние и гидробиологический режим. Поэтому перед выпуском в водоёмы должна осуществляться обязательная очистка сточных вод.

Основными приемниками загрязненных сточных вод являются бассейны рек Миасс, Ай, Урал, Теча. В этих реках наблюдается скопление нитратов, фосфатов, аммиака, нефтепродуктов, металлов и других загрязнителей. Проблема качества воды особенно остро ощущается в Октябрьском, Троицком, Чесменском, Варненском, Карталинском, Брединском, Агаповском районах, где подземные воды отличаются повышенной минерализацией с содержанием железа более 1 мг/л.

Проанализируем удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в водохранилищах в разрезе 2007, 2010 и 2013 годов [1-4] по форме таблицы 1.

С октября 2008 года мировой кризис негативно повлиял на состояние горной промышленности Челябинской области. Область с преобладанием металлургии и машиностроения вошла в группу регионов, на которых кризис отразился сильнее всего. Из-за резкого снижения спроса и сокращения экспорта при значительном падении мировых цен на металлы существенно упали объёмы промышленности, как следствие увеличение индексов УКИЗВ в 2010. Обусловлено это тем, что при спаде производства были сокращены и экономические затраты на установку очистных сооружений, как для очистки выбросов в атмосферу, так и для очистки сбрасываемых сточных вод.

Модернизация металлургических производств позволила к 2013 году снизить негативное воздействие на окружающую среду, с высоким качеством и конкурентоспособностью. В это же время мы наблюдаем частичное снижение индексов УКИЗВ во всех водохранилищах, кроме Аргазинского. Возрастание индекса УКИЗВ в Аргазинском водохранилище и реке Миасс внушает серьезные опасения за состояние главных питьевых источников Челябинска, возможно в данных случаях имеет место несанкционированный сброс сточных вод без предварительной очистки.

Некоторые инвестиционные проекты промышленных предприятий Челябинской области, реализуемые за счет собственных и привлеченных средств, правительство Российской Федерации определило как приоритетные, что заставляет надеяться на дальнейшее снижение загрязненности поверхностных водоисточников нашей области.

В связи с вышесказанным необходимы ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод. На сегодняшний день считаются перспективными технологии очистки поверхностных сточных вод путем использования фито- и сорбционных технологий [5-18], которые способствуют снижению загрязнителей в сточных водах на 96%.

**Таблица 1 - Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды
за 2007, 2010 и 2013 в водохранилищах и реке Миасс.**

№	Наименование водного объекта	2007 год		2010 год		2013 год	
		УКИЗВ	Класс качества воды	УКИЗВ	Класс качества воды	УКИЗВ	Класс качества воды
1	Шершневское водохранилище, выше г. Челябинск	2,83	3 А загрязненная	3,14	3 Б очень загрязненная	2,94	3 А загрязненная
2	Аргазинское водохранилище, г. Карабаш Челябинская область	4,69	4Б грязная	5,8	4 В очень грязная	5,62	4 В очень грязная
3	Аргазинское водохранилище, д. Байрамгулова Челябинская область	2,71	3 А загрязненная	2,48	3 А загрязненная	3,05	3 Б очень загрязненная
	р. Миасс, выше г. Миасса Челябинская область	3,36	3 Б очень загрязненная	3,55	3 Б очень загрязненная	3,82	4А грязная
5	р. Миасс, ниже г. Миасса Челябинская область	4,84	4А грязная	5,13	4Б грязная	4,87	4Б грязная
6	р. Миасс, выше г. Челябинска Челябинская область	2,63	3 А загрязненная	3,05	3 Б очень загрязненная	2,92	3 А загрязненная
7	р. Миасс, ниже г. Челябинска, (д. Н.Поле) Челябинская область	6,94	5 экстремально грязная	6,72	5 экстремально грязная	7,19	5 экстремально грязная
8	Троицкое водохранилище, ниже г. Троицка Челябинская область	4,46	4А грязная	4,83	4 А грязная	4,69	4 А грязная
9	Верхнеуральское водохранилище, п. Спасский, Челябинская область	3,83	3 Б очень загрязненная	3,75	4 А грязная	3,49	3 Б очень загрязненная
10	Магнитогорское водохранилище, в черте г. Магнитогорска, у северного перехода, Челябинская область	3,35	3 Б очень загрязненная	4,90	4 Б грязная	4,73	4 А грязная
11	Магнитогорское водохранилище, в черте г. Магнитогорска, у северного перехода, Челябинская область	3,35	3 Б очень загрязненная	4,90	4 Б грязная	4,67	4 А грязная

Библиографический список

1. Певзнер, М.Е. Горная экология: учебное пособие / М.Е. Певзнер. – Москва: изд-во Горная книга, 2003. – 396 с.
2. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2007 году, Челябинск, 2007. – <http://minesco174.ru/>
3. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2010 году, Челябинск, 2010. – <http://minesco174.ru/>
4. Комплексный доклад о состоянии окружающей среды Челябинской области в 2013 году, Челябинск, 2013. – <http://minesco174.ru/>
5. Ульрих Д.В., Современное экологическое состояние водоисточников Карабашского горнопромышленного узла / Д.В. Ульрих, Ю.А. Дженис, С.Е. Денисов, Г.О. Жбанков // Журн. «Вода: химия и экология» № 6. – 2013 – С. 104-106.
6. Ульрих Д.В. Возможности использования листоватых мхов в очистке сточных вод / Д.В. Ульрих, М.Н. Брюхов, С.С. Тимофеева // Журн. «Вестник ИрГТУ. Серия Науки о земле» № 12.-2013 – С. 136 - 139.
7. Ульрих Д.В. Листостебельные мхи в ремедиации ливневых вод с территории промышленных предприятий / Д.В. Ульрих, С.С. Тимофеева, М.Н. Брюхов // Журн. «Известия Иркутского государственного университета» Серия биология, экология Т.6, № 3. – 2013 – С. 78-81.
8. Ульрих Д.В. Природные сорбенты в технологиях ремедиации / Д.В. Ульрих, М.Н. Брюхов, Г.О. Жбанков, С.С. Тимофеева, С.Е. Денисов // Журн. «Вода: химия и экология» № 3. – 2014 – С. 96-100.
9. Ульрих Д.В. Современное состояние хвостохранилища в г. Карабаш и его влияние на техногенез прилегающей территории / Д.В. Ульрих, С.С. Тимофеева // Журн. «Экология и промышленность России» Т.19. – 2015 – С. 56-59.

10. Bryukhov M.N. of leafy mosses in wastewater treatment / M.N. Bryukhov, D.V. Ulrich, S.S. Timofeeva // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17 - 25 June, 2014. – p.579-584
11. Bryukhov M.N. Modern experience of natural clay use at reclamation of disturbed soil / M.N. Bryukhov, D.V. Ulrich, G.O. Zhabankov // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17 - 25 June, 2014. – p.461-465
12. Timofeeva S.S. Energy-efficient green technology (phytototechnology) of wastewater treatment from oil production sites / S.S. Timofeeva, S.S. Timofeev, D.V. Ulrich, M.N. Bryukhov // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17-25 June, 2014. – p.237-243
13. Ulrich D.V. Possibility of use of zeolites and gaize in remediation technologies / D.V. Ulrich, M.N. Bryukhov, G.O. Zhabankov, S.S. Timofeeva, S.E. Denisov // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17 - 25 June, 2014. – p.519-523
14. Timofeeva S.S. Environmental phytotechnologies in eastern Siberia and south Ural / S.S. Timofeeva, S.S. Timofeev, D.V. Ulrich, M.N. Bryukhov // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17 - 25 June, 2014. – p.259-266
15. Zhabankov G.O. Analysis of geological engineering conditions of Chelyabinsk region / G.O. Zhabankov, D.V. Ulrich, M.N. Bryukhov, S.E. Denisov // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO: Albena, Bulgaria, 17 - 25 June, 2014. – p.3-9
16. Ульрих Д.В. Возможность использования гелофитов *Acorus calamus*, *Typha angustifolia* и *Comarum palustre* в технологиях очистки сточных вод фиторемедиационными сооружениями / Д.В. Ульрих, М.Н. Брюхов, С.С. Тимофеева // Журн. «Академический журнал Западной Сибири». Т10. № 2.- 2014. - С. 29-30
17. Ульрих Д.В. Возможности использования фиторемедиационных сооружений в очистке сточных вод / Д.В. Ульрих, М.Н. Брюхов // 66 Научная конференция профессорско-преподавательского состава ЮУрГУ: Челябинск, 2014. - С. 1050-1053.
18. Ульрих Д.В. Роль сорбционно-фильтрующих сооружений в очистке поверхностного стока / Д.В. Ульрих, Г.О. Жбанков // 66 Научная конференция профессорско-преподавательского состава ЮУрГУ: Челябинск, 2014. - С. 1054-1057.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Абызов В.А., к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, uralni-ist@mail.ru

V.A. Abyzov, associate Professor of construction materials, SUSU, Chelyabinsk.

2. Аверина Г.Ф., студент кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск

3. Анисимова Е.Ю., к.т.н., доцент кафедры ТГСИБ, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, anisimova.eyu@mail.ru

E.Y. Anisimova, Ph.D., Associate Professor, Chelyabinsk, South Ural State University, anisimova.eyu@mail.ru

4. Арканова И.А., к.т.н., доцент, кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, waterbas@mail.ru.

Arkanova I.A., assistant professor from the Department of Water and wastewater, SUSU.

5. Асташкин В.М., д.т.н., профессор кафедры «Строительные конструкции и инженерные сооружения», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, телефон: (351) 2450852, E-mail: avm1940@mail.ru

Astashkin Vladimir Michailovich, Chelyabinsk city, SUSU, Building constructions and engineering structures Department, professor. Tel. (351)2450852, E-mail: avm1940@mail.ru

6. Аршакян Д. Ю., аспирант кафедры «Градостроительство», д-р с.-х. наук, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, тел.: +7-906-865-95-29, e-mail: airlita@rambler.ru

D. J. Arshakyan, postgraduate student, Chelyabinsk, South Ural State University, tel.: +7-906-865-95-29, e-mail: airlita@rambler.ru

7. Байбурин А.Х., д.т.н., профессор кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, abaiburin@mail.ru

8. Басманова Т.В. студентка кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.

Basmanova Tamila Vladimirovna - student of the Department of Water and wastewater, SUSU.

9. Башкова Ю.Б. старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте, т. (3513) 66-58-44, bashkovayb@susu.as.ru

Julija Bashkova – a senior lecturer of the National Research South Ural State University Zlatoust branch.

10. Бганцов С.И., магистрант, кафедра пожарной и промышленной безопасности, Воронежский ГАСУ, Воронеж, e-mail: innapb@mail.ru, тел.: +7 (473) 271-53-21

S.I. Bgancov, undergraduate, Voronezh, Voronezh state university of architecture and Civil Engineering, Dept. Fireandindustrialsafety

11. Белканова М.Ю. к.х.н., доцент, кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-

Уральский государственный университет, Челябинск, +73519055509

Marina Yurevna Belkanova, candidate of chemistry, associate professor, from the Department of Water and wastewater, SUSU, +73519055509.

12. Белов С.А., к.г.н., доцент кафедры «Градостроительство», д-р с.-х. наук, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, тел. 8 9630853880

SA Belov, Ph.D., associate professor, Chelyabinsk, South Ural State University (NIU), tel. 8 963-085-38-80

13. Беляк М.А., магистрант кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск ritabelyak@mail.ru

14. Березин Е.Н., слушатель МРЦПК, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск

15. Богина М.Ю., ассистент, Балашовский институт (филиал) Саратовского Государственного Университета, эл. почта: boginam@mail.ru

Margarita Yuryevna Bogina, assistant, Balashov Institute (Branch) of the Saratov State University, e-mail: boginam@mail.ru

16. Бондарь М.С., студент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский Государственный Университет. E-mail: mishbond007@mail.ru

M.S. Bondar, student of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, South Ural State University. E-mail: mishbond007@mail.ru

17. Бунин А.В., магистрант, Воронеж, Воронежский ГАСУ, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, e-mail: kafedraov@mail.ru, тел.: +7 (473) 271-28-92

A.V. Bunin, undergraduate, Voronezh, Voronezh state university of architecture and Civil Engineering, Dept. HousingandUtilities, e-mail: kafedraov@mail.ru, ph. +7 (473) 271-28-92

18. Бунина Э.Н., магистрант, кафедра пожарной и промышленной безопасности, Воронежский ГАСУ, Воронеж, e-mail: innapb@mail.ru, тел.: +7 (473) 271-53-21

E.N. Bunina undergraduate, Voronezh, Voronezh state university of architecture and Civil Engineering, Dept. Fireandindustrialsafety

19. Бутакова М.Д., к.т.н., доцент кафедры строительных материалов, Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, butakovamd@susu.ac.ru,;

Butakova Marina Dmitriyevna, Cand.Tech.Sci., associate professor of construction materials, SUSU, Chelyabinsk, butakovamd@susu.ac.ru.

20. Васильев В.И., к.т.н., доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, +79124755187

Victor Ivanovich Vasilyev candidate of technical sciences, associate professor, from the Department of Water and wastewater, SUSU, +79124755187.

21. Васильева В.Н., доцент кафедры графики, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, vasileva.v.n@yandex.ru

Vasilieva Vera Nikolaevna, Associate Professor of Graphics Department, South Ural State University (SUSU), E-mail: vasilieva.v.n@yandex.ru

22. Васильев В.Г., к.х.н., доцент кафедры технологии вяжущих материалов и строительных изделий, институт материаловедения и металлургии, Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Vasilyev V.G., candidate of chemical science, associate Professor, Binding materials and construction goods Department, Institute of Material Sciences and Metallurgy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin

23. Владимирова Е.В., к.х.н., старший научный сотрудник лаборатории оксидных систем, ФГБУН «Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук», доцент, кафедра технологии вяжущих материалов и строительных изделий, институт материаловедения и металлургии, Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Vladimirova E.V., candidate of chemical science, senior researcher oxidation systems laboratory The Institute of Solid State Chemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences associate Professor, Binding materials and construction goods Department, Institute of Material Sciences and Metallurgy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin

24. Власова Д.Л., магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Южно-Уральского государственного университета, daria_wl@list.ru.

25. Ворошилов А.П. к.т.н., доцент кафедры «Градостроительство», д-р с.-х. наук, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.

26. Герасимова Е.С., ст.преподаватель, кафедра технологии вяжущих материалов и строительных изделий, институт материаловедения и металлургии, Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: es.gerasimova@yandex.ru

Gerasimova E.S., senior lecturer, Binding materials and construction goods Department, Institute of Material Sciences and Metallurgy, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, e-mail: es.gerasimova@yandex.ru

27. Гамалий Елена Александровна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ), г. Челябинск, e-mail: eagamaliy@gmail.com;

Gamaliy Elena – Ph.D., associate professor, assistant professor of department of the building materials of South Ural State University, Chelyabinsk, e-mail: eagamaliy@gmail.com;

28. Гиниятуллина Э.З. студент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.

29. Горбатенко А.А., аспирантка кафедры «Градостроительство», email: a_gorbatenko@mglr.ru, тел.: 89030894933

Gorbenko A.A., Chelyabinsk, South Ural state university, postgraduate student of "Urban planning" department, email: a_gorbatenko@mglr.ru, tel.: 8-903-089-49-33

30. Горбунов С.П., к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.

31. Гордеев Е.Н., магистрант, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, e1nic1@yandex.ru.

Ewgeny Gordeev – graduate student, national research South Ural state University, Chelyabinsk.

32. Горелова А.С., аспирант кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, gorelova_99@list.ru

33. Губайдуллин Р. Г., д.т.н., профессор кафедры «Строительные конструкции и инженерные сооружения» Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, tak.mail@mail.ru

Gubaidullin R.G., Chelyabinsk, South Ural State University, Professor of «Building structures and engineering construction» Architecture and Construction faculty, tak.mail@mail.ru.

34. Гурьянова Е.А., студент ФГБОУ ВПО «ПВГУС» г. Тольятти, 89372111585, liz.gur1303@yandex.ru

Gurianova Elizaveta Aleksandrovna - 4th year student, a place of learning - VPO "PVGUS" Togliatti, 89372111585, liz.gur1303@yandex.ru

35. Денисов С.Е., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, т. (351) 267-96-66, vivsusu@mail.ru.

Sergej Denisov – Doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department water supply and sanitation, national research South Ural state University, Chelyabinsk.

36. Денисюк Е.В., аспирант кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск. Тел.: 8(351)2679144; wiide@mail.ru.

Denisjuk Evgeniy Vladimirovich, postgraduate student of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, South Ural State University. E-mail: wiide@mail.ru

37. Дорошенко Е.К., старший преподаватель кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский Государственный Университет. E-mail: d.a.v-74@mail.ru

E.K. Doroshenko, senior Lecturer of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, South Ural State University. E-mail: d.a.v-74@mail.ru

38. Жилев Д.А. аспирант кафедры «Градостроительство», д-р с.-х. наук, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.

39. Здарская О.В., ст. преподаватель кафедры «Градостроительство», Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск

OV Zdarsky, Senior lecturer in "Urban" South Ural State University, Chelyabinsk.

40. Зямбаев Н.А., аспирант кафедры «Строительная механика» Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск, моб. тел. +79193485112, e-mail nikzyam@mail.ru.

Zyambaev N.A. – post-graduate student of the Department of Structural Mechanics of South Ural State University, Chelyabinsk-city, mobile phone +79193485112, e-mail nikzyam@mail.ru.

41. Ионов Ю.В., магистр кафедры «Строительные материалы», ionovyn@mail.ru, 8(919) 350-42-87
 Yu.V.Ionov, master degree of «Building materials» department, ionovyn@mail.ru, 8(919) 350-42-87
42. Казанцева А.В., студент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, +79080450963, anna.kazantseva@mail.ru
 Anna Valeryevna Kazantseva student, South Ural State University.
43. Калинин А.Д. – студент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Kalinintoxa@yandex.ru;
 Kalinin A.D. student, South Ural State University.
44. Карева О.А. – студент, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, olgaorsk1995@yandex.ru.
 Kareva O.A. student, South Ural State University.
45. Киль П.Н., аспирант, кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. kill_pavel@mail.ru
 Kil Pavel Nikolaevich, graduate student of "Building Materials", South Ural State University, Chelyabinsk. E-mail: kill_pavel@mail.ru
46. Кирпичев М.Е., магистрант ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», г.Череповец, kirpichev@rwp.chp.ru
47. Кирсанова А.А., г. Челябинск, ЮУрГУ (Национальный исследовательский университет), преподаватель кафедры «Строительные материалы», kiss421@mail.ru, 8(963)086-46-49
 A.A. Kirsanova, Chelyabinsk city, SUSU (National Research University), teacher of «Building materials» department, kiss421@mail.ru, 8(963)086-46-49
48. Киянец А.В., к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, kiyanets2007@mail.ru
49. Коваль С.Б., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры "Технология строительного производства", Южно-Уральский государственный университет г.Челябинск, ksbumu@susu.ac.ru;
 Koval Sergey, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, ksbumu@susu.ac.ru
50. Кокодеев А.В., студент специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» СГТУ имени Гагарина Ю.А., тел. 8927158-57-24, e-mail: artemkokodeev@gmail.com
 Kokodeev Artemii Vitalievich, The 4th study year student on the major «Construction of Railways, Bridges and Transport tunnels» Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, +7927158-57-24, e-mail: artemkokodeev@gmail.com
51. Колмогорова А.О., магистрант архитектурно-строительного факультета, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, center-nasledie@mail.ru
 Chelyabinsk, South Ural State University, student of the Faculty of Architecture and Construction
52. Коржук Д.А., ассистент кафедры СКИИС, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск
53. Королькова Ю.В., студент ФГБОУ ВПО «ПВГУС» г. Тольятти, 89053063986, korolek-180293@mail.ru
 Korolkova Julia Vasil'evna – 4th year student, a place of learning - VPO "PVGUS" Togliatti, 8-905-306-39-86, korolek180293@mail.ru
54. Короткий В.А., к.т.н., доцент кафедры графики, Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, korotkiyva@susu.ac.ru.
 V.A. Korotkiy, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, korotkiiva@susu.ac.ru.
55. Крамар Л.Я., д.т.н., профессор, кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, kramar-l@mail.ru, 8(912)305-35-94
 L.Ya.Kramar, Chelyabinsk city, SUSU (National Research University), Doctor of Engineering Science, professor, kramar-l@mail.ru, 8(912)305-35-94
56. Кулешова Э.А., магистрант кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.
 Kuleshova Elvira Anatol'evna, master of the department "Building materials", South Ural State University, Chelyabinsk.
57. Кутепова О.А., старший преподаватель, кафедра «Теплогазоснабжения и вентиляции», Южно-Уральский Государственный университет, Челябинск, kutepiha@mail.ru.
 Kutepova O. A. senior teacher, Chelyabinsk, South Ural State University, departement "Heat and gas supply and ventilation", kutepiha@mail.ru.
58. Кучин В.Н., к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, vladim-kuchin@yandex.ru
59. Левада Г.П., доцент кафедры градостроительства, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск
 G.P. Levada, Associate Professor of "Urban planning" department, Chelyabinsk, South Ural state university.
60. Логвиненко А.С., студентка Санкт-Петербургского государственного экономического университета, Санкт-Петербург, Россия
 A. Logvinenko, student of Saint-Petersburg State University of Economics, Saint-Petersburg, Russia
61. Лонзингер А.В., аспирант кафедры «Градостроительство», Южно-Уральский государственный университет. E-mail: l2g@mail.ru. Сот. тел. 89080560558
 Lonzinger Alexandra Vladimirovna, Chelyabinsk, post-graduate student of "Urban" South Ural State University. E-mail: l2g@mail.ru. Sot. tel. 89080560558
62. Максимов С.П. магистрант, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, т. (351) 267-96-66, balid@hotmail.ru
 Sergej Maksimov, graduate student, national research South Ural state University, Chelyabinsk.
63. Маленьких Н.О. студент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.
64. Маннанова К.У., д.т.н., доцент, Туринский университет г. Ташкент, shahlo-t@mail.ru.
65. Маннопова Б.А., студент, Туринский университет г. Ташкент

66. Манторова Г.Ф., к.с.х., профессор кафедры «Градостроительство», д-р с.-х. наук, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. E-mail: aily1972@inbox.ru Сот. тел. 89634702047

Mantorova Galina Filippovna, Chelyabinsk, Professor of the Town Planning Department, Dr agricultural Sciences, South Ural State University. E-mail: aily1972@inbox.ru Sot. tel. 89634702047

67. Мартин Банов, Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растения "Никола Пушкарлов", София

68. Маршалов О. В., к.т.н., доцент кафедры физики, филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте, т. (3513) 66-58-44, marshalovov@susu.ac.ru

Oleg Marshalov, Cand. Of Sc., Associate professor, branch national research South Ural state University in Zlatoust.

69. Мельникова М.Н., студент кафедры «Градостроительство», д-р с.-х. наук, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

M.N. Melnikova, student, Chelyabinsk, South Ural State University (NIU)

70. Могильникова Д.С., аспирант, Уральский Государственный Университет путей сообщения (УрГУПС), тел. 89089024327, эл. почта: shirokova921@mail.ru.

Mogilnikova Daria Sergeevna, postgraduate student, Ekaterinburg, the Ural State University of Railway Transport (USURT), tel. 89089024327, email: shirokova921@mail.ru

71. Молодцов М.В., кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры "Технология строительного производства", Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, molodcovmv@mail.ru.

Molodtsov Maxim, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, molodcovmv@mail.ru.

72. Мозгалёв К.М., к.т.н. доцент кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, mozgalev_k@mail.ru

73. Морозова Н.С., аспирант кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция». E-mail: numullit@gmail.com.

Morozova Nina Sergeevna, postgraduate student of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, South Ural State University. E-mail: numullit@gmail.com.

74. Мысин И.Д., соискатель кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск

Mysin I. D., chair of water Supply and Sewerage" South Ural state University, Chelyabinsk

75. Мысишин И.С., к.т.н., зав.кафедрой «Общестроительных дисциплин», Инженерно-строительный институт, ФГБОУ ВПО «ОрелГАУ», Орёл, +7 (4862) 75-15-41

76. Мусихин В.А., к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции и инженерные сооружения», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, телефон: 8 351 267 93 73, e-mail: musixin-v@mail.ru

Musikhin V.A., Chelyabinsk, South Ural State University, Associate Professor of Department «Building Constructions and Engineering Structures», telephone: 8 351 267 93 73, e-mail: musixin-v@mail.ru

77. Нагорная А.Н., кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск. Тел.: 8(351)2679144; nagornaya74@mail.ru.

Nagornaya Anastasiia Nikolaevna, candidate of engineering sciences, associate professor of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, South Ural State University. E-mail: nagornaya74@mail.ru

78. Нестерова Д.Н., студентка кафедры ТСТ, СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, vch991@mail.ru

Nesterova Darya. Saratov, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, student, vch991@mail.ru

79. Нигаматова О. И., аспирант кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: olganigamatova@ya.ru

Nigamatova Olga Ivanovna, Post graduate student «Bridges and transport tunnels» of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Ural State University of Railway Transport" (USURT)

80. Николаенко Е.В. к.т.н., доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, mail.nikolaenko@inbox.ru

81. Ницкая С.Г., к.т.н., доцент, кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, nitskaya_s@mail.ru.

Nitskaya S.G., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, nitskaya_s@mail.ru

82. Овчинников И. Г., д.т.н., член РАТ, профессор кафедры «Мосты и транспортные тоннели» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: bridgesar@mail.ru

Ovchinnikov Igor Georgievich, Doctor of Technical Sciences, professor «Bridges and transport tunnels» of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Ural State University of Railway Transport" (USURT)

83. Оленьков В.Д., к.т.н., профессор архитектурно-строительного факультета, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, centernasledie@mail.ru;

Chelyabinsk, South Ural State University, professor of the Faculty of Architecture and Construction

84. Осипова М.В., студентка архитектурно-строительного факультета Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, osipova.mary1@gmail.com.

Osipova Maria Vasilyevna, student of architectural and construction faculty, SUSU, Chelyabinsk, osipova.mary1@gmail.com.

85. Павел Павлов, Минно-геоложки Университет "Св. Иван Рилски", София

86. Панферов В.И., д.т.н., профессор, зав. кафедры ТГСИВ, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, tgsiv@mail.ru

V.I.Panferov, professor, Chelyabinsk, South Ural State University.

87. Панферов С.В., к.т.н., доцент кафедры ТГСИБ, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. tgsiv@mail.ru

S.V.Panferov Associate Professor, Chelyabinsk, South Ural State University.

88. Парышева М.А., магистрант кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.

89. Парышев В.В., магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения Южно-Уральского государственного университета, parvictor@mail.ru

90. Переславцева И.И., ст. преподаватель, кафедра пожарной и промышленной безопасности, Воронежский ГАСУ, Воронеж, e-mail: innapb@mail.ru, тел.:+7 (473) 271-53-21

I.I. Pereslavtseva, Assistant lecture, Voronezh, Voronezh state university of architecture and Civil Engineering, Dept. Fireandindustrialsafety

91. Перетяченко А.Д., студент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, peretyachenko@mail.ru

Peretyachenko A.D., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, peretyachenko@mail.ru

92. Пикус Г.А., к.т.н., доцент, кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, pikous@mail.ru.

93. Погорелов С.Н., к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Pogorelov Sergei Nikolaeviz, Cand.Tech.Sci., associate professor of construction materials, SUSU, Chelyabinsk

94. Пономарев А.А. ассистент кафедры Строительная механика, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, andrys055@gmail.com

95. Потапов А.Н., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительная механика» Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск, раб. тел. 2654785, моб. тел. +79193437129, e-mail potapov.alni@gmail.com.

Potapov A.N. – doctor of technical sciences, professor, head of the Department of Structural Mechanics of South Ural State University, Chelyabinsk-city, office phone 2654785, mobile phone +79193437129, e-mail potapov.alni@gmail.com.

96. Плотников В.В., магистрант, Воронеж, Воронежский ГАСУ, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, e-mail: kafedraov@mail.ru, тел.:+7 (473) 271-28-92

V.V. Plotnikov, undergraduate, Voronezh, Voronezh state university of architecture and Civil Engineering, Dept. HousingandUtilities, e-mail: kafedraov@mail.ru, ph. +7 (473) 271-28-92

97. Пронина А.А., г.Челябинск, магистрант архитектурно-строительного факультета, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, centernasledie@mail.ru

Chelyabinsk, South Ural State University, master student of the Faculty of Architecture and Construction

98. Пузырев П. И., магистрант кафедры «Строительная механика», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, pavel1857@mail.ru

Puzyrev P.I., Chelyabinsk, South Ural State University, master's degree student «Structural Mechanics» Architecture and Construction faculty, pavel1857@mail.ru.

99. Разумова Я.К. магистрант кафедры технологии строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, ranamoribo@yandex.ru.

100. Рассказова Н.С., профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, nsrass@mail.ru

Rasskazova N.S., professor from the Department of Water and wastewater, SUSU.

101. Раткин В.В., к.т.н., доцент кафедры ТСТ, СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, vv_ratkin@mail.ru.

Ratkin Vasily. Saratov, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, docent, vv_ratkin@mail.ru.

102. Речкалов Д.А., аспирант кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, dragadrakon90@mail.ru

D.A. Rechkalov, postgraduate of construction materials, SUSU, Chelyabinsk.

103. Румянцев Е.В., директор по проектированию ООО «Институт Строймост Урал», jekarum@yandex.ru.

104. Русанов А.Е., старший преподаватель кафедры технология строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, 2679183@mail.ru

105. Русин Д.Н., студент Южно-Уральского государственного университета, г. Челябинск, nsrass@mail.ru

D.N.Rusin student, Chelyabinsk, South Ural state university.

106. Рыбаков М.М., аспирант кафедры технология строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, rybakov.mixail@mail.ru.

107. Сабуров В.Ф., д.т.н., профессор, заведующий кафедры СКИИС, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

108. Сбитнев В.Ф., кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики, Челябинск, Южно-Уральский государственный университет. Тел. 2679000.

Sbitnev Vladimir Fedorovich is a Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of Structural Mechanics Department of South Ural State University. Tel.: 8 (351) 2679000.

109. Семенов К.О., аспирант кафедры Технология строительного производства, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, kostya3636@yandex.ru

110. Семеняк Г.С., доцент кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Semenyak Gennady Stepanovich, associate professor of construction materials, SUSU, Chelyabinsk

111. Серебренникова Е.Н., старший преподаватель кафедры "Строительные конструкции и инженерные сооружения", Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, geotechnicelen@yahoo.com
E.N. Serebrennikova, Lecturer, Department of Building Constructions and Engineering Structures, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk city, Russia, geotechnicelen@yahoo.com
112. Соломин В.И., профессор кафедры строительной механики, Челябинск, Южно-Уральский государственный университет, моб. тел. 8 912 791 5228, E-mail: solomin_167@mail.ru
Solomin V.I., professor of Structural Mechanics Department of South Ural State University.
113. Соболюкина А.М., аспирант института строительных материалов Технического университета г. Дрездена, Германия, email: naska@bk.ru
Sobolkina Anastasia – a postgraduate student of institute of building materials of the Technical University of Dresden, Germany, e-mail: naska@bk.ru
114. Сперанский В.С. доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.
115. Старкова Л.Г., к.т.н., доцент кафедры ТГСВ ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ», г. Челябинск, тел. +7 904 815 7283; starkova-lg@mail.ru
116. Стоянова М.Г., магистр кафедры «Общестроительных дисциплин», Инженерно-строительный институт, ФГБОУ ВПО «ОрелГАУ», Орёл
117. Терёхин А.А., соискатель кафедры «Водоснабжение и водоотведение» ЮУрГУ г. Челябинск
Terekhin A.A., the Department of Water and wastewater, SUSU
118. Техтелева Е.Н. студент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.
Tekhteleva E.N., South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation
119. Тимофеева С.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой промышленной экологии и БЖД, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет
120. Тимофеев С.С., магистрант кафедры промышленной экологии и БЖД, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет
121. Тохчуков Ш.Ю., аспирант, Карачаево-Черкесский государственный университет им. У.Д. Алиева, г.Карачаевск, тел. 89889186933, e-mail - shamil.ekolog@gmail.com
Tohchukov SH.Y.U., Karachaevsk, Karachay-Cherkessia State University. UD Aliyev, a graduate student, tel. 89889186933, e-mail - shamil.ekolog@gmail.com
122. Трофимов Б.Я.д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, tbya@mail.ru, 8(912)-793-19-56
B.Ya.Trofimov, Chelyabinsk city, SUSU (National Research University), Doctor of Engineering Science, professor, head of «Building materials» department, tbya@mail.ru, 8(912)-793-19-56
123. Турова К.В., студент, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск
K.V. Turova, student, Chelyabinsk, South Ural state university.
124. Турчанинов А.Е., магистр кафедры «Общестроительных дисциплин», Инженерно-строительный институт, ФГБОУ ВПО «ОрелГАУ», Орёл
125. Усманова Е.А. к.т.н., доцент кафедры графики, Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, usmanovaea@susu.ac.ru.
E.A. Usmanova, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, usmanovaea@susu.ac.ru.
126. Уфимцев Е.М., старший преподаватель, кафедра строительной механики, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, comtech606@yandex.ru
Eugene Ufimtcev, senior lecturer, Structural mechanics department of South Ural State University, comtech606@yandex.ru
127. Федосеев А.В., к.э.н., магистрант кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, andreydesign@mail.ru.
128. Хамамова А.А., к.т.н., ст.преподаватель РГСУ, г. Ростов-на-Дону, e-mail: bina-87@mail.ru.
129. Фомин Н.И., ст. преподаватель кафедры Строительное производство и экспертиза недвижимости, г. Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «УрФУ», e-mail: nnimoff@mail.ru
130. Хейфец А.Л., к. т. н, профессор кафедры графики, Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, heifets@yandex.ru
Kheifets Aleksandr Lvovich, Candidate of Engineering Science, professor of Graphics Department, South Ural State University (SUSU), 76 Lenin Avenue, Chelyabinsk, 454080, Russia, E-mail: heifets@yandex.ru
131. Хилажев Д. Р., аспирант кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск.
132. Чайковский Д.Я., аспирант, кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, tchaykov@ya.ru
Tchaikovsky D.Y., postgraduate the Department of Water and wastewater, SUSU
133. Черногорлов С.Н., аспирант кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, gerimoand2@mail.ru
S.N. Chernogorlov, postgraduate of construction materials, SUSU, Chelyabinsk.
134. Черных В.К., аспирант кафедры ТСТ, СГТУ им. Ю.А. Гагарина, г. Саратов, mtt91@yandex.ru
Chernykh Valentin. Saratov, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, graduate student, mtt91@yandex.ru
135. Черных Т.Н., к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск
136. Чертков А.Н., инженер кафедры "Строительные конструкции и инженерные сооружения", Южно-Уральский государственный университет, г.Челябинск, gector88@mail.ru

A.N. Chertkov, Engineer, Department of Building Constructions and Engineering Structures, South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk city, Russia, gector88@mail.ru

137. Чудинов М.П., студент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск.

M.P. Chudinov, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation.

138. Чушникова А.А., магистрант кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, chushnicova.anas@mail.ru

Chushnicova A.A., graduate student from the Department of Water and wastewater, SUSU.

139. Шеин А.А., к.т.н., доцент кафедры «Транспортное строительство» СГТУ имени Гагарина Ю.А., тел. 8919820-79-51, e-mail: arturshein@yandex.ru.

A.A. Shein, PhD, Associate Professor of the Department of Transport Construction of the Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, +7 919 820-79-51, e-mail: arturshein@yandex.ru.

140. Широкова М.В., магистрант кафедры «Водоснабжение и водоотведение», ЮУрГУ

Shirokova M.V., graduate student from the Department of Water and wastewater, SUSU

141. Шкуркина А.И. студент, филиал Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте, т. (3513) 66-58-44, balid@hotmail.ru

Anna Shkurkina –a three - year student, of the National Research South Ural State University Zlatoust branch.

142. Шулдяков К.В. аспирант кафедры «Строительные материалы», Южно-Уральский государственный университет г. Челябинск, kirill-shuld@ya.ru, 8(904)-819-55-74

K.V.Shuldyakov, Chelyabinsk city, SUSU (National Research University), Ph.D. candidate of «Building materials» department, kirill-shuld@ya.ru, 8(904)-819-55-74

143. Яременко С.А. к.т.н., доцент, Воронеж, Воронежский ГАСУ, кафедра жилищно-коммунального хозяйства, e-mail: kafedraov@mail.ru, тел.:+7 (473) 271-28-92

S.A. Yaremenko, Associate Professor, Voronezh, Voronezh state university of architecture and Civil Engineering, Dept. HousingandUtilities, e-mail: kafed_aov@mail.ru, ph. +7 (473) 271-28-92

144. Ярина Т.В., кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский Государственный Университет. E-mail: math_ege@mail.ru

T.V. Yarina, candidate of engineering sciences, senior Lecturer of Heat and Gas Supply and Ventilation Department, South Ural State University. E-mail: math_ege@mail.ru

**«Строительство и экология:
теория, практика, инновации»**

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

**I Международной
научно-практической конференции**

9 марта 2015 года

Челябинск, 2015

Издательство ООО фирма «ПИРС»,
454119, г. Челябинск, ул. Машиностроителей, 8.

Лицензия ИД №06422 от 10.12.2001.

Подписано к печати 23.02.2015 г.

Отпечатано на «НР». Бумага ВХИ 80г/м². Печ. л. 27,81.

Тираж 320. Заказ 512.

Отпечатано с файла заказчика в типографии СтандАРТ
(ИП Ериклинцева Е.В.), св-во 002839968 ИМНС РФ
по Калининскому р-ну г. Челябинска,

454076, Челябинск, ул. Гоголя, 26,
т/ф. 271-69-62, E-mail: vvp74@list.ru