

На правах рукописи

РУСАНОВ Алексей Евгеньевич

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА НАВЕСНЫХ
ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ ПО
ПАРАМЕТРАМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Специальность 05.23.08 – Технология и организация строительства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2015

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

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РААСН, заслуженный деятель
науки РФ

Головнев Станислав Георгиевич

доктор технических наук, доцент

Байбурин Альберт Халитович

Официальные оппоненты: **Несветаев Григорий Васильевич**,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО
«Ростовский государственный строительный
университет», кафедра технологии строительного
производства, заведующий;
Титов Михаил Михайлович,
доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО
«Новосибирский государственный архитектурно-
строительный университет (Сибстрин)», кафедра
технологии строительного производства,
заведующий

Ведущая организация: **ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный
университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург**

Защита диссертации состоится «19» мая 2015 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.223.01 при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, зал заседаний диссертационного совета (аудитория 219).

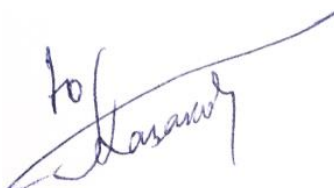
Телефакс: (812) 316-58-72

Email: rector@spbgasu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» и на сайте www.spbgasu.ru

Автореферат разослан «__» марта 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор



Казаков Юрий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В последнее время в России активно развивается каркасное домостроение. По объемам оно составляет до 70% и предусматривает преимущественно наружное утепление ограждающих конструкций. Наиболее индустриальным способом является устройство навесных фасадных систем с воздушным зазором (НФС). Как показывает практика строительства, в широко применяемых НФС отмечаются многочисленные технологические нарушения при производстве строительных работ, негативным образом сказывающиеся на энергетической эффективности зданий. Сокращение энергозатрат в процессе эксплуатации гражданских зданий является актуальной задачей, требующей дальнейшего развития.

Наиболее перспективным направлением повышения энергетической эффективности зданий является совершенствование технологии устройства наружных ограждающих конструкций гражданских зданий, а также обеспечение надлежащего строительного контроля при производстве работ. Однако, до настоящего времени изучение влияния дефектов строительных работ на теплозащитные свойства зданий не имело достаточной проработки. Строительный контроль при устройстве наружных ограждающих конструкций ведется без использования количественных оценок влияния дефектов на уровень теплозащиты.

Проведение теоретических и экспериментальных научных исследований в установлении влияния дефектов устройства наружных ограждающих конструкций на уровень теплозащиты обусловлено необходимостью установления баланса между принимаемыми проектными решениями и фактическим исполнением работ, что является особенно актуальным в сфере гражданского строительства, а также необходимостью актуализации национальных стандартов и сводов правил, предусмотренной частью 5 статьи 42 Федерального закона Российской Федерации № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Одним из эффективных способов контроля и повышения энергоэффективности зданий является энергетическая паспортизация. Соответствие фактических значений проектным решениям устанавливается результатами натурных испытаний, осуществляемых только на этапе окончания производства работ. Существующая практика применения энергопаспорта сводится к констатации теплопотерь, поэтому повышение достоверности данных энергопаспорта на этапе ввода здания в эксплуатацию является актуальной задачей.

Степень разработанности темы исследования. Совершенствованием организационно-технологических решений в строительстве занимались отечественные ученые: А.А. Афанасьев, В.А. Афанасьев, Г.М. Бадьин, А.Х. Байбурин, С.Н. Булгаков, В.В. Верстов, С.Г. Головнев, А.А. Гусаков, Н.Н. Данилов, Э.-К.К. Завадскас, Б.М. Красновский, Б.А. Крылов, А.А. Лapidус, Р.А. Мангушев, Ю.Б. Монфред, П.П. Олейник, Ю.П. Панибратов, Б.И. Петраков, В.И. Теличенко и др.

Исследованию вопросов повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций посвящены работы В.К. Аверьянова, В.Н. Богословского, О.Н. Будадина, В.П. Вавилова, В.Г. Гагарина, Ю.А. Матросова, В.Н. Мачинского, П.В. Монастырева, Ю.А. Табунщикова, В.Р. Хлевчука, К.Ф. Фокина и др.

Использование закономерностей теплофизики для решения технологических задач в области строительства нашло отражение в работах С.А. Болотина, Л.М. Колчеданцева, В.В. Молодина, Г.В. Несветаева, М.М. Титова, Ю.М. Тихонова и других специалистов.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – совершенствование системы контроля качества устройства НФС, обеспечивающее повышение энергетической эффективности гражданских зданий.

Литературный обзор и обобщение производственного опыта позволили сформулировать **рабочую гипотезу**: при устройстве НФС имеют место отклонения от требуемых параметров материалов и технологических допусков в процессе производства работ (дефекты теплозащиты), что негативно влияет на теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций гражданских зданий; дефекты теплозащиты необходимо количественно оценивать в процессе технологического (операционного) контроля и по результатам оценки дефектов организационно-технологическими решениями сводить к минимуму их негативное влияние на теплозащиту.

Задачи исследования:

1. Анализ существующего уровня развития технического регулирования в области энергосбережения в строительстве, включая контроль параметров теплозащиты.

2. Анализ нарушений технологии устройства НФС с определением основных дефектов теплозащиты и обоснование возможности оценки влияния дефектов с помощью компьютерного имитационного моделирования.

3. Определение совместного влияния значимых дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты стеновых ограждающих конструкций гражданских зданий.

4. Разработка организационных решений устройства НФС, направленных на повышение энергетической эффективности гражданских зданий.

5. Обоснование экономической эффективности разработанных организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности.

6. Практическое внедрение полученных результатов.

Объект исследования – технологические процессы наружного утепления гражданских зданий с устройством НФС ¹.

¹ При исследовании НФС не учитывались воздушный зазор и облицовочный экран в связи с их малым влиянием на теплозащитные свойства. Исследовались стеновые ограждающие конструкции, в том числе в зоне сопряжения с плитами перекрытия, за исключением оконных проемов.

Предмет исследования – параметры качества технологических процессов устройства НФС; оценка качества устройства НФС; закономерности влияния дефектов теплозащиты при устройстве НФС на качество строительной продукции.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Выявлены количественные характеристики основных дефектов теплозащиты при устройстве НФС, а также обоснована достоверность оценки влияния дефектов на уровень теплозащиты на основе компьютерного имитационного моделирования.

2. Выявлены зависимости и построены математические модели совместного влияния дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты стеновых ограждающих конструкций.

3. Разработаны организационные решения по контролю качества устройства НФС, направленные на повышение энергетической эффективности гражданских зданий.

4. Разработан метод количественной оценки качества устройства НФС по параметрам энергетической эффективности.

5. Разработана методика расчета уточненного значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с устройством НФС, необходимого для заполнения энергетического паспорта.

6. Обосновано повышение эффективности инвестиционно-строительных проектов на основе применения организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности.

Методологической основой исследования послужили результаты анализа существующих технологий и практического опыта устройства НФС; современная законодательная и нормативная правовая база в строительстве; результаты наблюдений и проверок на объектах гражданского строительства; экспериментальные исследования по определению влияния дефектов строительных работ на уровень теплозащиты наружных стен с устройством НФС, проведенные на разработанной и изготовленной приборно-испытательной установке; вычислительный эксперимент с использованием программных комплексов «ELCUT» и «STATISTICA»; методы корреляционно-регрессионного анализа и математической статистики.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности 05.23.08 «Технология и организация строительства», а именно пункту 7 «Разработка научных основ, методов и средств контроля и способов повышения качества продукции в строительстве и его производственной базе».

Практическая ценность и реализация результатов исследований. Практическая ценность результатов исследований заключается в разработке организационных решений (карта контроля, контрольные листы, методика оценки качества строительных работ) устройства НФС и их использовании в создании стандартизирующих документов саморегулируемых организаций в области строительства, организационно-технологической документации, стандартов коммерческих организаций.

Основные результаты диссертационного исследования внедрены в производственную деятельность строительных организаций, таких как ООО ПСК «ВЫСОТА», ООО «Уралстроймонтаж», ЗАО «Спецмонтаж-Запад» (г. Челябинск), использующие НФС в качестве наружных ограждающих конструкций на объектах гражданского строительства, а также надзорную деятельность управления регионального государственного строительного надзора Министерства строительства, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области, а также учебный процесс в Южно-Уральском государственном университете при курсовом и дипломном проектировании, преподавании дисциплин «Технология строительных процессов», «Современные методы управления качеством в строительстве», «Организация строительного производства». Научные результаты исследования также нашли отражение в стандарте некоммерческого партнёрства «СРО ССК Урала и Сибири» СТ – НП СРО ССК – 02 – 2013 «Оценка энергетической эффективности зданий. Контроль соблюдения требований тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий».

Апробация работы. Основные положения, результаты и выводы диссертационной работы были доложены, обсуждены и одобрены на следующих научно-практических конференциях: Международная конференция «Техническое регулирование в строительстве» (город Челябинск, 2013 год); 64-я, 65-я, 66-я научные конференции Южно-Уральского государственного университета (город Челябинск, 2012, 2013, 2014 годы); IV, V, VI научные конференции аспирантов и докторантов Южно-Уральского государственного университета (город Челябинск, 2012, 2013, 2014 годы).

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 10 печатных работах, общим объемом 4,53 п.л., лично автором 2,88 п.л., в том числе 8 работ опубликованы в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, утвержденных ВАК РФ. Получен патент РФ на полезную модель № 146590 «Устройство определения приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций в летний период».

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой главе, общих выводов и приложений технологического регламента. Диссертация содержит 158 страниц машинописного текста, в том числе 22 таблицы, 25 рисунков, 40 формул и список использованной литературы из 157 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении дано обоснование актуальности темы, сформулирована цель, рабочая гипотеза, поставлены задачи исследования, сформулирована научная новизна исследований, приведена практическая значимость полученных результатов, а также даны сведения об апробации, публикациях, структуре и объеме работы.

В первой главе выполнен анализ существующего уровня развития технического регулирования в области энергосбережения в строительстве, показана перспективность совершенствования технологии устройства и контроля качества наружных ограждающих конструкций для повышения

энергетической эффективности гражданских зданий, а также приведена и изучена классификация дефектов теплозащиты.

Во второй главе выявлены характерные нарушения технологии устройства НФС, на основании результатов экспериментальных исследований показана адекватность оценки влияния дефектов строительных работ на уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций с использованием компьютерного имитационного моделирования.

В третьей главе определены количественные оценки влияния основных дефектов устройства НФС на теплозащитные свойства стеновых ограждающих конструкций, с использованием компьютерного имитационного моделирования выявлены зависимости и построены математические модели совместного влияния значимых дефектов теплозащиты при устройстве НФС.

В четвертой главе разработаны организационные решения устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности, определена оценка экономической эффективности результатов диссертационного исследования, а также приведены сведения о практической реализации.

II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Выявлены количественные характеристики основных дефектов теплозащиты при устройстве НФС, а также обоснована достоверность оценки влияния дефектов с помощью компьютерного имитационного моделирования.

Исследовалось качество устройства НФС 20-ти гражданских зданий: сборно-монолитных, монолитных и кирпичных. Натурные обследования проводились на сертифицированных материалах, в организациях, имеющих допуск СРО на выполнение фасадных работ. В ходе изучения отклонений от требуемых параметров материалов и технологических допусков при производстве работ под руководством научного руководителя Головнева С.Г. были установлены основные дефекты теплозащиты и их количественные характеристики: зазор в стыке плит утеплителя; зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; отслоение плит утеплителя от основания; отклонение от проектного значения толщины основания; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания; отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя; отклонение от проектного значения толщины кронштейна; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала кронштейна; зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала заполнения деформационного шва между основанием и плитой перекрытия. Наиболее характерными из которых являются первые три.

Несмотря на актуальность вопроса повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций, до настоящего времени количественная оценка влияния дефектов строительных работ при устройстве НФС на теплозащитные свойства не имела достаточной проработки. Были получены статистические характеристики дефектности для отклонений от технологических допусков при производстве работ. Уровень дефектности составил 35–45 %. В качестве критериев оценки принимались допускаемые отклонения, нормируемые значения которых принимались по нормативной литературе. По ненормируемым отклонениям (зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя, отслоение плит утеплителя от основания) параметры допустимых отклонений определялись автором экспериментальным и расчетно-аналитическим путем. В дополнение к этому, фактическое значение уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций определяется проведением экспериментальных исследований, которые осуществляются только на этапе окончания производства строительных работ.

В лабораторных и натурных условиях приведенное сопротивление теплопередаче (с учетом влияния дефектов теплозащиты) определяют согласно нормативным методикам, в основе которых заложено усреднение измеряемых контактным способом в течении определенного промежутка времени величин плотности теплового потока, температур воздуха и поверхностей. Необходимое условие стационарности может быть смоделировано только при проведении лабораторных испытаний фрагментов ограждающих конструкций в климатических камерах, поскольку в натурных условиях стационарный режим недостижим из-за суточных колебаний климатического фона.

Характерной особенностью проведения лабораторных испытаний является различие по качеству возведения и характеристик материалов и, следовательно, различие теплозащитных характеристик между исследуемым в лабораторных условиях фрагментом ограждающей конструкции и фрагментом, входящим в состав ограждающей конструкции реального объекта.

Для исследования влияния дефектов строительных работ на уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций рациональнее использовать численные методы решения с помощью компьютерного имитационного моделирования. Наиболее распространенной и положительно себя зарекомендовавшей является программа моделирования температурных полей – «ELCUT». Но так как в настоящее время отсутствует методика оценки достоверности получаемых с помощью программных продуктов результатов, то необходимо совместное использование лабораторных исследований и компьютерного имитационного моделирования.

Для проверки адекватности применения компьютерного имитационного моделирования при оценке влияния дефектов строительных работ на уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций были реализованы: лабораторные исследования влияния характерных дефектов теплозащиты при устройстве НФС; компьютерное моделирование влияния дефектов на теплозащиту имитационного фрагмента с использованием программы «ELCUT» версии 5.10.1; анализ согласованности результатов.

Объектом лабораторного исследования являлся фрагмент наиболее распространенной в современном гражданском строительстве многослойной ограждающей конструкции с устройством НФС. Размеры фрагмента: высота – 1275 мм., ширина – 1255 мм., толщина – 300 мм. Полезная площадь – 1 м². В качестве несущего слоя использовалась кладка из пазогребневых газобетонных блоков размерами 625×250×200 мм. Вертикальные и горизонтальные швы кладки выполнены на клею толщиной 5 мм. В качестве теплоизоляционного слоя использовались плиты утеплителя размерами 1000×500×100 мм. Значения коэффициентов теплопроводности используемых материалов определялись в условиях проведения испытаний.

Моделирование влияния дефектов теплозащиты рассмотрено на примере характерных дефектов устройства НФС: зазор ($t = 0,01$ м) в стыке плит утеплителя, зазор ($t = 0,015$ м) в стыке кронштейна с плитой утеплителя, отслоение ($t = 0,01$ м) плит утеплителя от несущего основания (рис. 1).

Компьютерное имитационное моделирование фрагмента наружной стены осуществлялось при условии соблюдения равенства геометрических и физико-технических характеристик, граничных условий компьютерной модели и фрагмента, исследуемого в лабораторном эксперименте.

При реализации лабораторных исследований и компьютерного моделирования в программе «ELCUT» влияния характерных дефектов теплозащиты при устройстве НФС были получены обобщенные результаты определения уровня теплозащиты 1 м² фрагмента наружной ограждающей конструкции (табл. 1).

Таблица 1

Обобщенные результаты при оценке влияния отдельных дефектов

Объект исследования	$R_o^{np}_{эксп.}$ (м ² ·°C)/Вт	$R_o^{np}_{ELCUT}$, (м ² ·°C)/Вт	Расхождение, %
Фрагмент ограждающей конструкции	3,24	3,39	4,63
Фрагмент + отслоение плит утеплителя от основания ($t = 0,01$ м)	1,56	1,58	1,30
Фрагмент + зазор в стыке плит утеплителя ($t = 0,01$ м)	2,26	2,41	6,64
Фрагмент + зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя ($t = 0,015$ м)	3,08	3,10	0,65

Максимальное значение расхождения результатов лабораторных исследований в климатической камере и компьютерного имитационного моделирования процесса теплообмена при исследовании влияния дефектов теплозащиты в программе «ELCUT» составило 6,64 %, что меньше допустимой погрешности, определяемой согласно МДС 23-1.2007 «Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники». Таким образом, можно сделать вывод о достоверном согласовании результатов и об адекватности использованных компьютерных имитационных моделей.

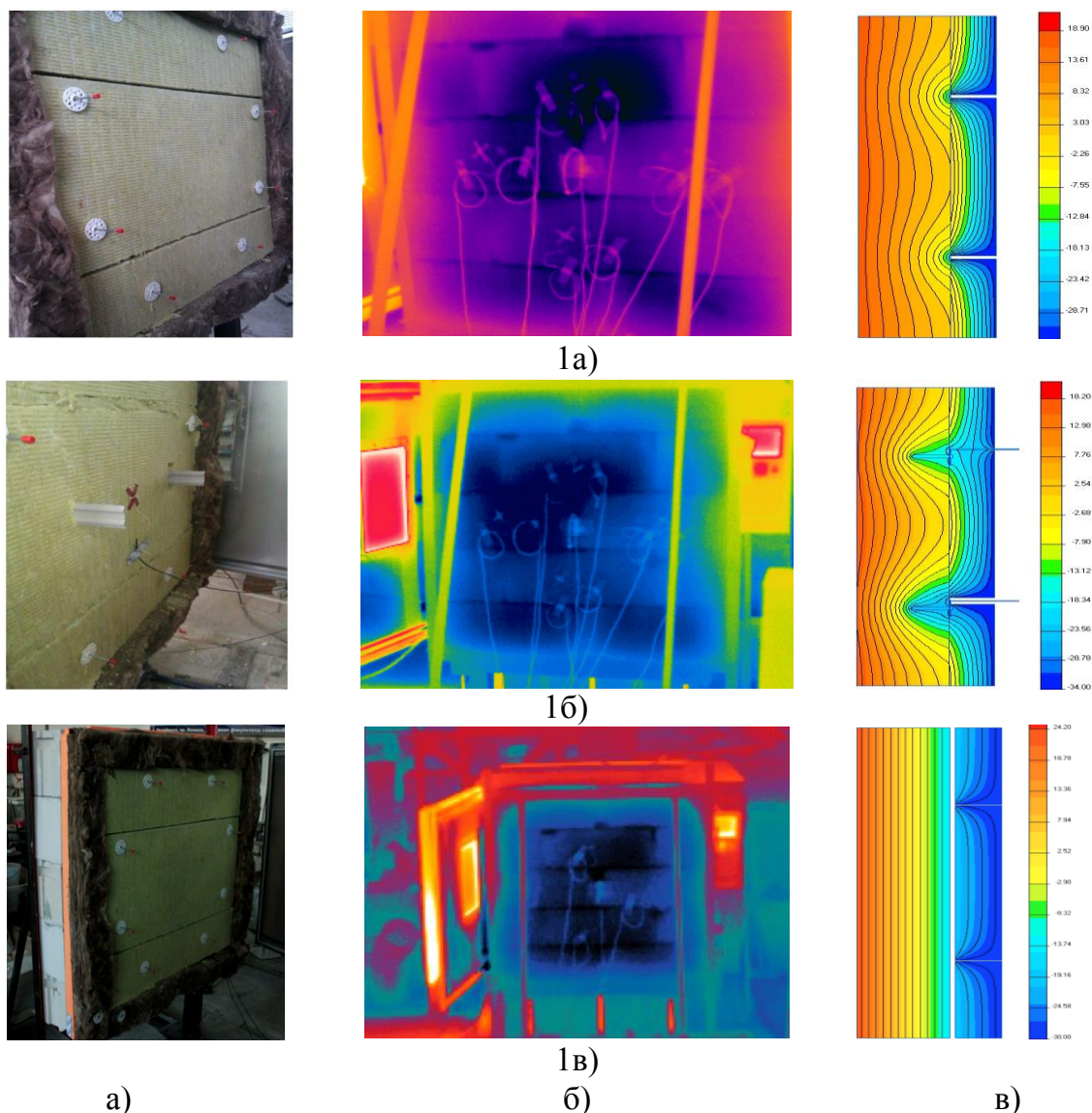


Рис. 1. Дефекты устройства наружной теплоизоляции и их влияние на температурное поле: 1а) зазор в стыке плит утеплителя; 1б) зазор в стыке плит утеплителя и кронштейна; 1в) отслоение плит утеплителя от основания; а) фрагмент ограждающей конструкции; б) термограмма фрагмента; в) температурное поле сечения фрагмента

2. Выявлены зависимости и построены математические модели совместного влияния дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты стеновых ограждающих конструкций.

На основании вывода, сделанного в п. 1, был проведен математический эксперимент с помощью программы «ELCUT» для определения совместного влияния основных дефектов теплозащиты на теплоизоляционные свойства 1м^2 наружной стены с устройством НФС. Эксперимент проводился для глухого участка наружной стены (рис. 2, а) и для участка в зоне плиты перекрытия (рис. 2, б). По полученным результатам расчета температурного поля и мощности теплового потока определялось приведенное сопротивление теплопередаче имитационной модели фрагмента наружной стены с устройством НФС.

Методами математического планирования была реализована одиннадцати факторная двухуровневая модель, в которой в качестве факторов выступают кодифицированные переменные основных дефектов теплозащиты при устройстве НФС. Значения факторов варьируются на уровнях (-1) и $(+1)$ (табл. 2). Количественные значения уровней варьирования факторов определялись по результатам натурных обмеров в процессе выполнения строительных работ, анализом нормативных документов и технических свидетельств НФС, а также результатами проверок Госстройнадзора.

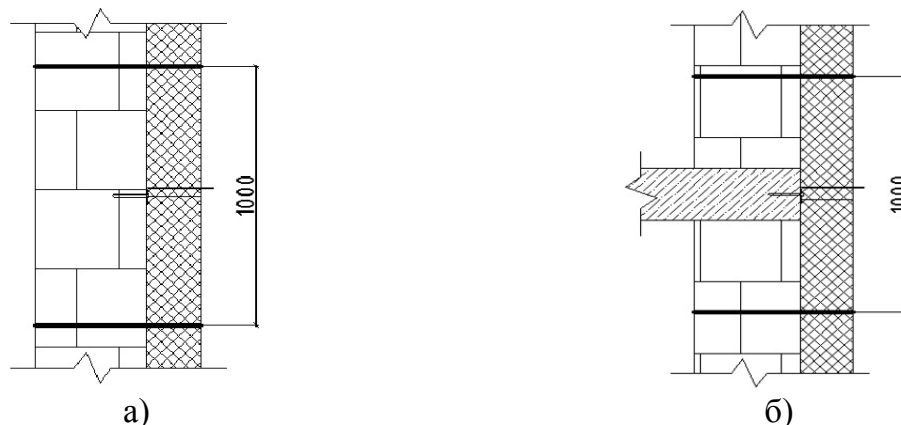


Рис. 2. Фрагмент наружной стены с устройством НФС:

а) схема глухого участка; б) схема участка в зоне плиты перекрытия

Таблица 2

Исследуемые факторы и уровни варьирования

Обозн. фактора	Наименование фактора	Натуральное значение фактора, соответствующее уровню варьирования		
		$\tilde{X}_{i \min} (-1)$	av.	$\tilde{X}_{i \max} (+1)$
X_1	Зазор в стыке плит утеплителя, м	0	-	0,01
X_2	Зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя, м	0	-	0,015
X_3	Отслоение плит утеплителя от основания, м	0	-	0,01
X_4	Отклонение от проектного значения толщины основания, м	0,12	0,38	0,64
X_5	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания, Вт/м·°C	0,12	1,09	2,05
X_6	Отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя, м	0,04	0,145	0,25
X_7	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, Вт/м·°C	0,032	0,061	0,09
X_8	Отклонение от проектного значения толщины кронштейна, м	0,0012	0,0031	0,005
X_9	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала кронштейна, Вт/м·°C	58	140	221

X_{10}	Зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия, м	0	-	0,05
X_{11}	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала заполнения деформационного шва между основанием и плитой перекрытия, Вт/м·°C	0,035	-	0,93

Принимая во внимание доказанную адекватность применения программы «ELCUT» для научных исследований в качестве отклика были приняты значения приведенного сопротивления теплопередаче (рис. 3), которые, в дальнейшем, были преобразованы в коэффициент совместного влияния дефектов теплозащиты (k), представляющий из себя отношение значения приведенного сопротивления теплопередаче с учетом влияния дефектов теплозащиты ($R_{O,def}^{np}$) к значению приведенного сопротивления теплопередаче без учета влияния дефектов (R_O^{np}): $k = R_{O,def}^{np} / R_O^{np}$.

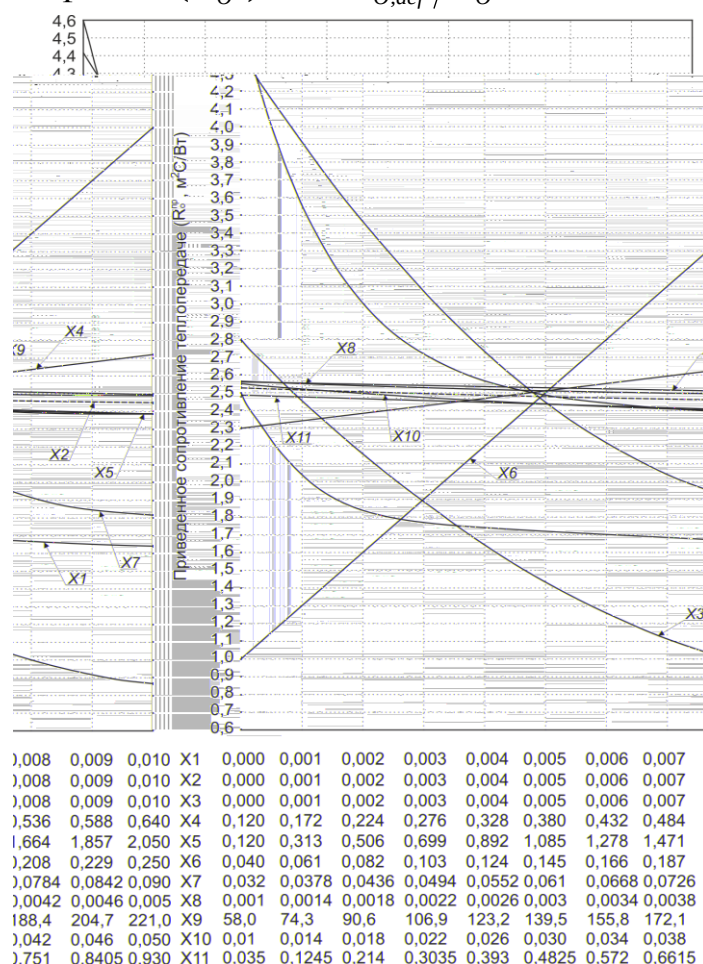


Рис. 3. Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены с устройством НФС от факторов $X_1 - X_{11}$.

После статистической обработки с помощью программы «STATISTICA 6.1» результатов математического эксперимента и исключения незначимых факторов были построены математические модели совместного влияния значимых дефектов на уровень теплозащиты глухого участка наружных стен с устройством НФС (1) и участка в зоне плиты перекрытия (2), позволяющие количественно оценить качество устройства наружных стен гражданских

зданий с использованием НФС в процессе строительства. Адекватность построенных математических моделей оценена с помощью критерия Фишера.

$$k_I = 0,66843 - 0,08368 \cdot X_1 - 0,01626 \cdot X_2 - 0,17607 \cdot X_3 + 0,02870 \cdot X_4 - 0,07676 \cdot X_5 - 0,16763 \cdot X_6 + 0,08294 \cdot X_7 + 0,04412 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,02661 \cdot X_1 \cdot X_5 - 0,04712 \cdot X_1 \cdot X_6 + 0,01650 \cdot X_1 \cdot X_7 + 0,01603 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0,03240 \cdot X_3 \cdot X_5 - 0,06979 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,05030 \cdot X_3 \cdot X_7 - 0,03340 \cdot X_4 \cdot X_5 + 0,02285 \cdot X_4 \cdot X_6 \quad (1)$$

где k_I – коэффициент совместного влияния значимых факторов на теплозащиту глухого участка наружной стены с устройством НФС.

$$k_{II} = 0,49197 - 0,08960 \cdot X_1 - 0,16962 \cdot X_3 + 0,06869 \cdot X_5 - 0,16831 \cdot X_6 + 0,07357 \cdot X_7 - 0,10033 \cdot X_{10} + 0,04973 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,03910 \cdot X_1 \cdot X_6 + 0,02360 \cdot X_1 \cdot X_{10} - 0,04246 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,03357 \cdot X_3 \cdot X_7 + 0,04325 \cdot X_3 \cdot X_{10} - 0,02839 \cdot X_5 \cdot X_6 + 0,05313 \cdot X_5 \cdot X_{10} - 0,02322 \cdot X_6 \cdot X_7 \quad (2)$$

где k_{II} – коэффициент совместного влияния значимых факторов на теплозащиту участка наружной стены с устройством НФС в зоне плиты перекрытия.

В качестве незначимых факторов для глухих участков наружных стен с устройством НФС являются: отклонение от проектного значения толщины кронштейна; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала кронштейна.

Для участков наружных стен с устройством НФС в зоне плиты перекрытия незначимыми являются факторы: зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; отклонение от проектного значения толщины основания; отклонение от проектного значения толщины кронштейна; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала кронштейна; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала заполнения стыка несущего основания с плитой перекрытия.

Для удобства практического применения полученных моделей представлен графический способ определения влияния некоторых дефектов строительных работ на уровень теплозащиты на примере глухого участка наружной стены с устройством НФС (рис. 4). Расчет коэффициента совместного влияния дефектов выполнялся для кирпичных стен ($X_4 = 0,25$ м; $X_5 = 0,7$ Вт/м·°С) с минераловатным утеплителем ($X_6 = 0,15$ м; $X_7 = 0,042$ Вт/м·°С).

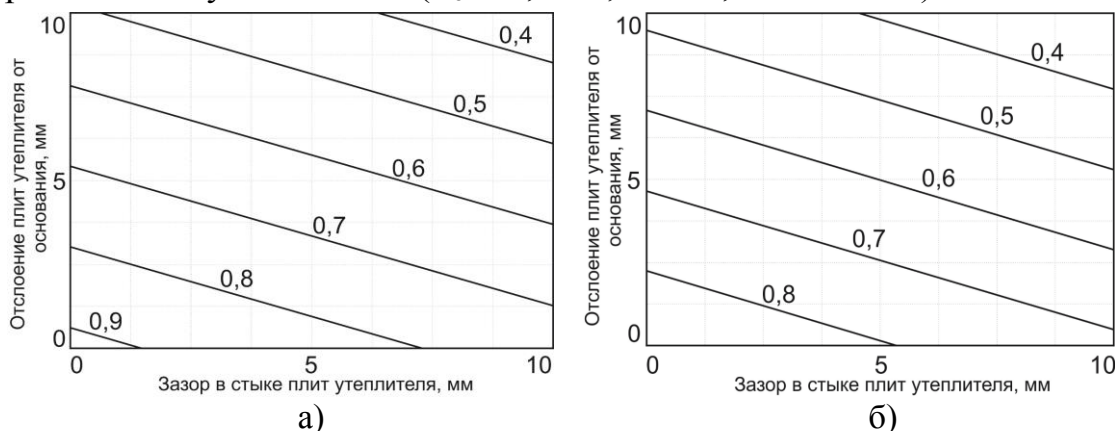


Рис. 4. Коэффициент совместного влияния дефектов на теплозащитные свойства глухого участка наружной стены с устройством НФС:

а) при отсутствии зазора в стыке кронштейна с плитой утеплителя; б) при зазоре в стыке кронштейна с плитой утеплителя 15 мм

3. Разработаны организационные решения по контролю качества устройства НФС, направленные на повышение энергетической эффективности гражданских зданий.

Результаты исследований служат основой для организации технологического (операционного) контроля за качеством устройства НФС. Реализация этого контроля начинается с разбиения возводимого или реконструируемого объекта на захватки. Размер захватки по высоте соответствует высоте этажа, а ее длина определяется из расчета часовой выработки звена, осуществляющего утепление фасада. Периодически, через каждый час, линейный инженерно-технический работник проверяет качество работ по утеплению на захватке и заносит результаты проверки в контрольные листы учета дефектов теплозащиты, которые входят в состав исполнительной документации при устройстве наружных стен с НФС, представленных характерными участками двух типов: *I* – глухой участок наружной стены; *II* – участок наружной стены в зоне плиты перекрытия. В них указываются: контролируемые захватки, на которые разбиваются наружные стены с устройством НФС; тип участка наружной стены; коэффициент теплопроводности материала несущего основания; коэффициент теплопроводности материала теплоизоляционного слоя; толщина несущего основания; толщина теплоизоляционного слоя; значимые дефекты теплозащиты с указанием их величин и количества на контролируемой захватке. Затем с использованием ЭВМ по программе, разработанной автором данной работы, обрабатываются результаты контроля и принимаются решения о необходимости устранения тех или иных обнаруженных дефектов. Например, делается указание об устранении зазоров в стыках плит утеплителя путем их заполнения материалом утеплителя. Более подробно организационно-технологические решения приведены в диссертации и прилагаемом к ней технологическом регламенте.

На каждой захватке вычисляется коэффициент совместного влияния значимых дефектов теплозащиты и определяется фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче захватки:

$$R_{w,i} = R_w \cdot k_{I(II),i}, \quad (3)$$

где R_w – расчетное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены; i – номер захватки; $R_{w,i}$ – значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены с учетом совместного влияния значимых дефектов на i -ой захватке; $k_{I(II),i}$ – коэффициент совместного влияния значимых дефектов на i -ой захватке *I* или *II* типа участка наружной стены с устройством НФС

$$k_{I,i} = k_{I,i}^{X_1} \cdot k_{I,i}^{X_2} \cdot k_{I,i}^{X_3}; \quad k_{II,i} = k_{II,i}^{X_1} \cdot k_{II,i}^{X_3} \cdot k_{II,i}^{X_{10}}, \quad (4)$$

где $k_{I,i}^{X_1}, k_{I,i}^{X_2}, k_{I,i}^{X_3}$ – коэффициенты влияния значимых дефектов X_1, X_2, X_3 на теплозащиту i -ой захватки глухого участка наружной стены с устройством НФС; $k_{II,i}^{X_1}, k_{II,i}^{X_3}, k_{II,i}^{X_{10}}$ – коэффициенты влияния значимых дефектов X_1, X_3, X_{10} на теплозащиту i -ой захватки участка наружной стены с устройством НФС в зоне плиты перекрытия.

$$k_{I(II),i}^{X_1} = (l_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_1} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (l_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_1} - 1) + 1), \quad (5)$$

$$k_{I,i}^{X_2} = (n_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_2} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (n_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_2} - 1) + 1), \quad (6)$$

$$k_{I(II),i}^{X_3} = (s_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_3} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (s_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_3} - 1) + 1), \quad (7)$$

$$k_{II,i}^{X_{10}} = (d_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_{10}} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (d_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_{10}} - 1) + 1), \quad (8)$$

где $k_{j,1}^{X_{(1,2,3,10)}}$ – коэффициенты влияния значимых факторов j -ой величины на теплозащиту i -ой захватки I и(или) II типа участка наружной стены с устройством НФС; i – номер захватки; l_j – протяженность дефекта X_1 j -ой величины, приходящаяся на 1 м^2 i -ой захватки, м/м²; n_j – количество дефектов X_2 j -ой величины, приходящаяся на 1 м^2 i -ой захватки, шт/м²; s_j – площадь зоны с дефектом X_3 j -ой величины, приходящаяся на 1 м^2 i -ой захватки, м²/м²; d_j – протяженность дефекта X_{10} j -ой величины, приходящаяся на 1 м^2 i -ой захватки участка II типа, м/м².

$$l_j = L_j / A_{w,i}; \quad n_j = N_j / A_{w,i}; \quad s_j = S_j / A_{w,i}; \quad d_j = D_j / A_{w,i}, \quad (9)$$

где $A_{w,i}$ – площадь i -ой захватки наружной стены с устройством НФС, м²; L_j – протяженность дефекта X_1 j -ой величины в пределах i -ой захватки, м; N_j – количество дефектов X_2 j -ой величины в пределах i -ой захватки, шт; S_j – площадь зоны с дефектом X_3 j -ой величины в пределах i -ой захватки, м²; D_j – протяженность дефекта X_{10} j -ой величины в пределах i -ой захватки, м.

При производстве работ допустимые предельные отклонения назначаются исходя из выполнения условий:

$$k_I^{X_1} \cdot k_I^{X_2} \cdot k_I^{X_3} > k_{calc}; \quad k_{II}^{X_1} \cdot k_{II}^{X_3} \cdot k_{II}^{X_{10}} > k_{calc}, \quad (10)$$

где k_{calc} – расчетное граничное значение коэффициента влияния дефектов, при котором теплозащитные свойства наружных стен удовлетворяют требованиям теплозащиты, устанавливаемым СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

$$k_{calc} = \max\{R_{\min}, R_{req}\} / R_w, \quad (11)$$

где $R_{\min}$ – минимально допустимое значение приведенного сопротивления теплопередаче; R_{req} – граничное значение приведенного сопротивления теплопередаче, при котором обеспечивается санитарно-гигиенический показатель теплозащиты.

При приемке законченных строительством наружных стен с устройством НФС составляется акт соответствия требованиям тепловой защиты наружных стен.

Разработанные организационно-технологические решения оценки качества и устранения обнаруженных дефектов ориентированы на подрядчика и осуществляются в рамках сплошного операционного контроля.

4. Разработан метод количественной оценки качества устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности.

Согласно требованиям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» необходимо обязательное выполнение условия:

$$R_{wf} \geq \{R_{\min}, R_{\text{req}}\}, \quad (12)$$

где R_{wf} – фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче участка стеновой ограждающей конструкции.

При определении фактического уровня теплозащиты необходимо учитывать совместное влияние дефектов теплозащиты на расчетное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены с устройством НФС, которая представлена характерными участками *I* или *II* типа. При отсутствии участков *II* типа наружная стена представляется участками только *I* типа.

Для оценки качества выполнения строительных работ по устройству НФС с учетом параметров энергетической эффективности определяется фактический уровень теплозащиты конструкции по формуле:

$$R_{wf} = R_w \cdot k_{I(II)}, \quad (13)$$

где R_w – расчетное значение приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента стеновой ограждающей конструкции; $k_{I(II)}$ – коэффициент совместного влияния дефектов на участке *I* или *II* типа наружной стены с устройством НФС, определяемый согласно (1) и (2).

В ходе операционного контроля качества устройства НФС на основе условия (12) выполняется оценка значимости дефектов, в соответствии со схемой, представленной на рис. 5.

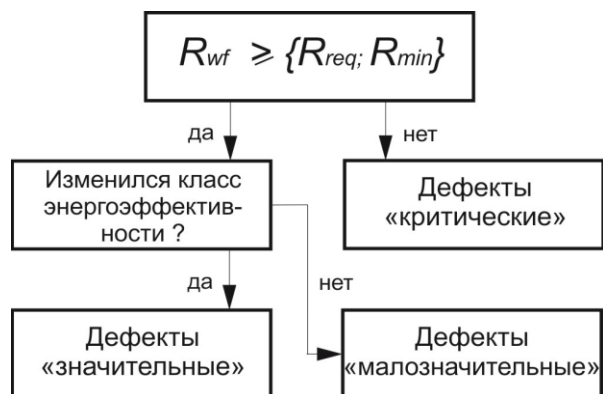


Рис. 5. Схема оценки значимости дефектов

В процедурах приемки работ и оценки соответствия требованиям технических регламентов и проектной документации в качестве порогового значения снижения коэффициента k принято значение, при котором условие (12) не выполняется. В данном случае совместное влияние дефектов является «критическим» и требует устранения. В случае, когда условие (12) выполняется, но при пересчете удельного расхода тепловой энергии класс энергетической эффективности изменился на меньший, совместное влияние дефектов является «значительным» и требует устранения. В случае, когда условие (12) выполнимо, класс энергетической эффективности здания не изменился, но при этом ($k < 1$) совместное влияние дефектов является «малозначительным» и не требует исправления. Причины допущенных

дефектов должны быть установлены для разработки профилактических мероприятий.

Данный метод количественной оценки качества устройства НФС ориентирован на технический надзор заказчика, периодически осуществляющего инспекционный контроль.

5. Разработана методика расчета уточненного значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с устройством НФС, необходимого для заполнения энергетического паспорта.

Приемочный контроль при устройстве НФС проводится техническим надзором заказчика в рамках оценки и подтверждения соответствия ограждающих конструкций требованиям технических регламентов и проектной документации, в том числе требованиям тепловой защиты и энергетической эффективности. В отдельных случаях по решению заказчика или органа государственного строительного надзора может назначаться сплошной или выборочный инструментальный контроль для определения фактических значений контролируемых параметров и заполнения энергетического паспорта здания при приемке в эксплуатацию.

Инструментальный контроль уровня теплозащиты наружных стен из-за конструктивных особенностей НФС является трудоемким и дорогостоящим, проведение которого с удовлетворительной погрешностью возможно только на этапе окончания производства работ.

Альтернативой является расчет уточненного значения приведенного сопротивления теплопередаче в процессе строительства, который позволяет оперативно принимать решения по устранению возможных нарушений. В случае обнаружения при осуществлении строительного контроля нарушений, влияющих на тепловую защиту наружных стен, может потребоваться пересчет значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен, которое вносится в энергетический паспорт.

Расчет уточненного значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с устройством НФС в процессе строительства состоит из следующих этапов: разделение наружных стен здания на захваты; определение площади захваток – $A_{w,i}$; определение фактического значения приведенного сопротивления теплопередаче каждой захватки с учетом влияния дефектов по формуле (3); проверка выполнения условий соответствия требованиям теплозащиты (согласно приведенной на рисунке 6 схеме).

При контроле качества i -ой захватки с учетом параметров энергоэффективности определяется промежуточное фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с НФС по формуле (14) с последующим определением класса энергоэффективности согласно требованиям действующих норм. При определении приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с устройством НФС на промежуточных стадиях приемки значения приведенного сопротивления теплопередаче необследованных захваток принимаются равными расчетному значению.

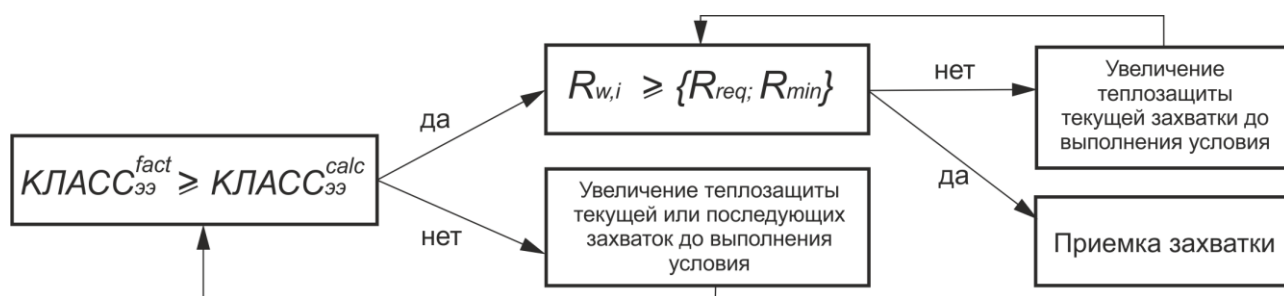


Рис. 6. Схема проверки выполнения требований энергоэффективности при контроле захваток

$$R_{w, fact} = A_w / \sum_{i=1}^m \frac{A_{w,i}}{R_{w,i}}, \quad (14)$$

где $R_{w, fact}$ – фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены с устройством НФС; $R_{w,i}$ – фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче i -ой захватки наружной стены; A_w – общая площадь наружной стены; $A_{w,i}$ – площадь i -ой захватки наружной стены.

Если на этапе контроля i -ой захватки определено, что фактический класс энергоэффективности здания изменился на меньший, необходимо предусмотреть мероприятия по дополнительному увеличению теплозащиты для текущей захватки или последующих, чтобы фактический класс энергоэффективности здания в целом был в установленных проектом границах.

При несоблюдении санитарно-гигиенических требований и минимального значения приведенного сопротивления теплопередаче на этапе контроля i -ой захватки стеновой ограждающей конструкции необходимо предусмотреть мероприятия по дополнительному увеличению теплозащиты данной захватки, чтобы обеспечить выполнение указанных требований.

При выполнении условий соответствия требованиям энергетической эффективности осуществляется приемка контролируемой захватки с фиксированием промежуточного фактического значения приведенного сопротивления теплопередаче.

Уточненное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены с устройством НФС определяется по формуле (14), исходя из фактических значений приведенного сопротивления теплопередаче каждой захватки.

Данная методика реализуется в рамках инспекционного и приемочного контролей качества устройства НФС, осуществляемых заказчиком (застройщиком) и служит основой для составления энергетического паспорта объекта.

6. Обосновано повышение эффективности инвестиционно-строительных проектов на основе применения организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности.

Проведение комплексной технико-экономической оценки эффективности конкретных технологических решений, проводимой на этапе подготовки проектной документации, предшествует этапу практического внедрения.

Разработанные в диссертационном исследовании решения позволяют исключить из инвестиционно-строительного проекта проведение дорогостоящих и трудоемких натурных испытаний для подтверждения выполнения требований теплозащиты наружных стен с устройством НФС. Таким образом, технико-экономическая эффективность достигается за счет сокращения затрат и сокращения продолжительности инвестиционно-строительных проектов.

Оценку эффективности организационно-технологических решений целесообразно осуществлять посредством моделирования имитационных моделей инвестиционно-строительного проекта с использованием компьютерных программ по управлению проектами. Наиболее адекватной для оценки финансовой реализуемости и определения показателей эффективности проекта является программный комплекс Project Expert, позволяющий определять финансовые потоки от инвестиционно-операционной деятельности в рамках реализации инвестиционно-строительного проекта (рис. 7).

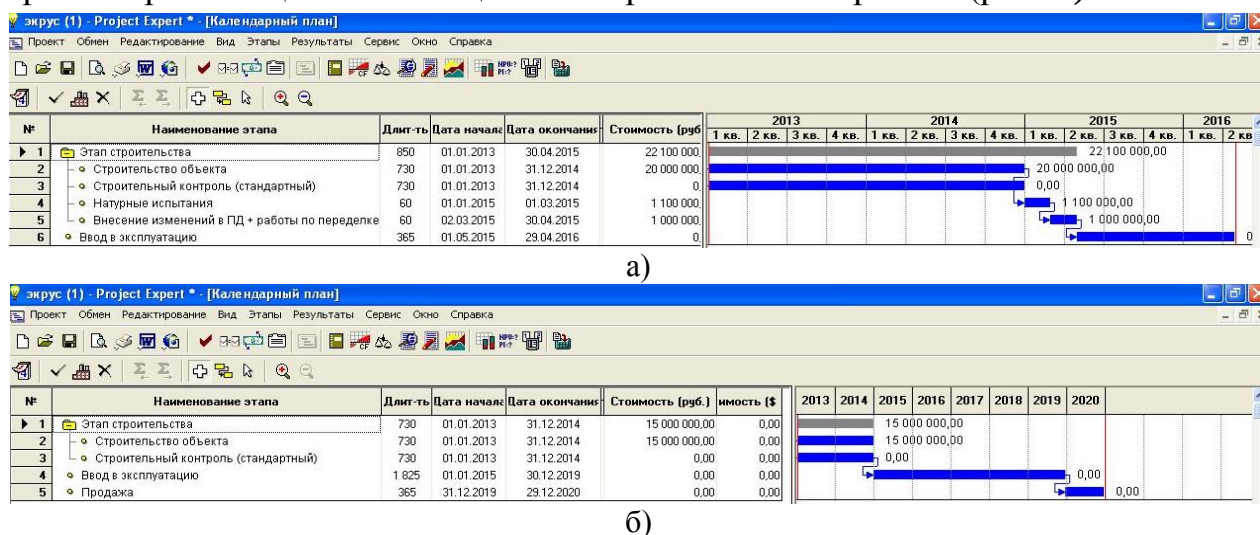


Рис. 7. Компьютерные имитационные модели инвестиционно-строительных проектов: а) жилого здания; б) здания общественного назначения

Практическая реализация разработанных в диссертационном исследовании организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности дает возможность улучшить основные технико-экономические показатели эффективности инвестиционно-строительных проектов, рассмотренных в качестве примера, жилых зданий: уменьшить период окупаемости на 3–5 %, увеличить чистый дисконтированный доход на 8–11 %, увеличить индекс доходности на 7–8 %; а также зданий общественного назначения: увеличить чистый дисконтированный доход на 21–23 %, увеличить индекс доходности на 7–8 %. Данный результат достигнут за счет сокращения сроков реализации инвестиционно-строительных проектов, уменьшения постоянных и дополнительных финансовых издержек строительства.

Практическая реализация полученных результатов диссертационного исследования осуществлена при строительстве следующих объектов города Челябинска: 3-х этажное кирпичное административное здание по ул. Комсомольский проспект (рис. 8, а), 6-ти этажный каркасно-монолитный

медицинский центр по ул. Курчатова (рис. 8, б), 16-ти этажное каркасно-монолитное административное здание по ул. Молодогвардейцев (рис. 8, в).



а)



б)



в)

Рис. 8. Объекты гражданского строительства города Челябинска, на которых проводилась апробация результатов

Общие выводы

1. Концептуальные положения технического регулирования в области энергосбережения в строительстве, заложенные в документах федерального уровня, требуют конкретизации на уровне региональных саморегулируемых организаций, что позволит эффективно реализовывать требования законодательной и нормативной правовой базы при устройстве наружных ограждающих конструкций гражданских зданий.

Литературный обзор и обобщение производственного опыта позволили установить, что при устройстве НФС имеют место отклонения от требуемых параметров материалов и технологических допусков в процессе производства работ (дефекты теплозащиты), что негативно влияет на теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций гражданских зданий. Сформулирована рабочая гипотеза о том, что дефекты теплозащиты необходимо оценивать в процессе технологического (операционного) контроля и по результатам оценки дефектов организационно-технологическими решениями сводить к минимуму их негативное влияние на теплозащиту.

2. В результате производственных исследований были установлены основные дефекты теплозащиты при устройстве НФС и их количественные характеристики: зазор в стыке плит утеплителя; зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; отслоение плит утеплителя от основания; отклонение от проектного значения толщины основания; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания; отклонение от проектного значения толщины утеплителя; отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя; зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия. Получены статистические характеристики дефектности для отклонений от технологических допусков при производстве работ. Уровень дефектности составил 35–45 %.

3. Максимальное значение расхождения результатов лабораторных испытаний в климатической камере и компьютерного имитационного моделирования процесса теплообмена при исследовании влияния дефектов

теплозащиты в программе «ELCUT» не превысило 7%, что свидетельствует об адекватности использованных компьютерных имитационных моделей.

4. С помощью компьютерного имитационного моделирования определено количественное влияние основных дефектов при устройстве НФС на уровень теплозащиты наружных стен, которое находится в диапазоне от (–65,2%) до (+286,2 %), а также построены математические модели совместного влияния значимых дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты глухих участков наружных стен и участков в зоне плиты перекрытия, позволяющие определить допустимые отклонения при производстве работ.

5. Разработаны организационные решения по контролю качества устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности в виде контрольных листов, карт контроля качества, устанавливающих допуски на отклонения при производстве работ, что позволяет избежать значительных дефектов производства работ, повысив, тем самым, энергетическую эффективность гражданских зданий.

6. Метод количественной оценки качества устройства НФС по параметрам энергетической эффективности на основе полученных зависимостей позволяет ранжировать дефекты теплозащиты по степени влияния, а также создает информативную доказательную базу при проверке соответствия объектов требованиям технических регламентов.

7. Разработанная методика расчета уточненного значения приведенного сопротивления теплопередаче позволяет осуществлять приемочный контроль наружных стен с устройством НФС без проведения трудоемких натурных испытаний, а также повысить достоверность данных энергопаспорта на этапе ввода здания в эксплуатацию с присвоением класса энергетической эффективности.

8. Практическая реализация разработанных организационных решений устройства НФС позволяет улучшить основные технико-экономические показатели эффективности инвестиционно-строительных проектов за счет снижения непроизводительных затрат, а именно: уменьшить период окупаемости на 3–5%, увеличить чистый дисконтированный доход на 11–23%, увеличить индекс доходности на 7–8%. Научные результаты диссертационного исследования использованы в стандарте некоммерческого партнерства «СРО ССК Урала и Сибири» СТ – НП СРО ССК – 02 – 2013 «Оценка энергетической эффективности зданий. Контроль соблюдения требований тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий», а также в надзорной деятельности управления регионального государственного строительного надзора Министерства строительства, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области.

III. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

публикации в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Русанов, А.Е.** Анализ законодательства и норм по энергетической эффективности зданий / А.Е. Русанов // Вестник Южно-Уральского

государственного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2012. – № 38, Вып. 15. – С. 66-68 (0,44/0,44 п.л.).

2. **Русанов, А.Е.** Оценка влияния архитектурно-планировочных решений гражданских зданий на энергоэффективность / С.Г. Головнев, А.Е. Русанов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2012. – Вып. 4. – С.74-76 (0,5/0,25 п.л.).

3. **Русанов, А.Е.** Исследование влияния дефектов строительных работ на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции с устройством навесной фасадной системы / А.Е. Русанов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2013. – Т.13, № 2. – С. 38-42 (0,75/0,75 п.л.).

4. **Русанов, А.Е.** Оценка теплозащитных свойств светопрозрачных конструкций при строительстве и эксплуатации зданий / С.Г. Головнев, А.Е. Русанов, К.М. Мозгалева // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – Вып. 4. – С.76-79 (0,69/0,23 п.л.).

5. **Русанов, А.Е.** Организация строительного контроля по параметрам энергетической эффективности / А.Е. Русанов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2014. – Т.14, № 2. – С. 15-17 (0,38/0,38 п.л.).

6. **Русанов, А.Е.** Методика расчета параметров энергетического паспорта гражданских зданий в процессе строительства / А.Е. Русанов, К.М. Мозгалева, // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер. Строительство и архитектура. – 2014. – Т.14, № 2. – С. 24-26 (0,38/0,20 п.л.).

7. **Русанов, А.Е.** Исследование влияния дефектов устройства навесных фасадных систем на теплозащитные свойства стеновых ограждающих конструкций / С.Г. Головнев, А.Е. Русанов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – Вып. 2. – С. 92-95 (0,63/0,32 п.л.).

патенты:

8. Патент РФ на полезную модель № 146590, МПК G01N 25/28. Устройство определения приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций в летний период / С.Г. Головнев, К.М. Мозгалева, **А.Е. Русанов**; патентообладатель ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ). – № 2014124421/28; заявл. 16.06.2014; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28.

публикации в других изданиях:

9. **Русанов, А.Е.** Анализ методов определения уровня теплозащиты ограждающих конструкций / А.Х. Байбурина, А.Е. Русанов // Техническое регулирование в строительстве: сборник материалов круглого стола, проведенного в рамках Международной конференции. – Челябинск: ОАО «Челябинский Дом печати». – 2013. – С. 24-27 (0,32/0,2 п.л.).

10. **Русанов, А.Е.** Оценка энергетической эффективности зданий. Контроль соблюдения требований тепловой защиты наружных ограждающих конструкций / С.Г. Головнев, К.М. Мозгалева, А.Е. Русанов, А.И. Абаймов // Техническое регулирование в строительстве: сборник материалов круглого стола, проведенного в рамках Международной конференции. – Челябинск: ОАО «Челябинский Дом печати». – 2013. – С. 18-23 (0,44/0,11 п.л.).