

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)

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**

Диссертация на соискание учёной степени кандидата
технических наук

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

ГОЛОВНЕВ Станислав Георгиевич

доктор технических наук, доцент
БАЙБУРИН Альберт Халитович

Санкт-Петербург – 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ	12
1.1. Обзор состояния вопроса и норм по энергосбережению	12
1.2. Анализ методики составления энергетического паспорта здания	22
1.3. Анализ подходов к оценке системы обеспечения качества строительных работ	26
1.4. Анализ влияния дефектов производства работ на энергоэффективность зданий	32
Выводы по главе 1	37
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С УСТРОЙСТВОМ НФС	40
2.1. Анализ нарушений технологии производства работ по устройству НФС...	40
2.2. Методика экспериментальных исследований влияния дефектов теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции с устройством НФС	46
2.3. Компьютерное имитационное моделирование процесса теплообмена при оценке влияния дефектов теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции с устройством НФС	59
Выводы по главе 2	65
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ ТЕПЛОЗАЩИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	67
3.1. Методика исследования влияния дефектов теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции с устройством НФС с использованием программы «ELCUT»	67

3.2. Построение плана математического эксперимента для определения совместного влияния дефектов теплозащиты глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС	74
3.3. Построение плана математического эксперимента для определения совместного влияния дефектов теплозащиты участка стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия	86
Выводы по главе 3	93
4. РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ	95
4.1. Организационные решения устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности.....	95
4.2. Анализ экономической эффективности	108
4.3. Практическая реализация результатов	113
Выводы по главе 4	115
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	120
ПРИЛОЖЕНИЕ А Матрица плана и результаты определения совместного влияния значимых дефектов теплозащиты глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Матрица плана и результаты определения совместного влияния значимых дефектов теплозащиты участка стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия	142
ПРИЛОЖЕНИЕ В Форма карты контроля соответствия требованиям тепловой защиты наружных стен с устройством НФС.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Форма контрольного листа учета дефектов теплозащиты и сводной ведомости контроля наружных стен с устройством НФС.....	150
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Форма акта освидетельствования наружной ограждающей	

конструкции с устройством НФС на соответствие требованиям тепловой защиты.....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Акты внедрения результатов исследования	154

ВВЕДЕНИЕ

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.А. Болотин, С.Н. Булгаков, В.В. Верстов, С.Г. Головнев, А.А. Гусаков, Н.Н. Данилов, Э.-К.К. Завадскас, Л.М. Колчеданцев, Б.М. Красновский, Б.А. Крылов, А.А. Лапидус, Р.А. Мангушев, Ю.Б. Монфред, П.П. Олейник, Ю.П. Панибратов, Б.А. Петраков, В.И. Теличенко и др.

Исследованию вопросов температурно-влажностного режима наружных ограждающих конструкций, а также повышению теплозащитных свойств ограждающих конструкций посвящены работы 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 других ученых.

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 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.

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 раз-

работанной 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 в надзорную деятельность управления регионального государственного строительного надзора Министерства строительства, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области, и в 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 «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний 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. Диссертация содержит 158 страниц машинописного текста, 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 системы контроля качества устройства наружных ограждающих конструкций для повышения энергетической эффективности гражданских зданий, а также приведена и изучена классификация дефектов теплозащиты.

Во второй главе выявлены основные нарушения технологии устройства НФС, на основании результатов лабораторных исследований и компьютерного имитационного моделирования показана адекватность оценки влияния дефектов строительных работ на уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций с использованием компьютерных имитационных моделей.

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.

Благодарности. Автор выражает благодарность доцентам, к.т.н. Г.А. Пикусу, к.т.н. К.М. Мозгалёву, которые поделились профессиональным опытом и оказали помощь при работе над диссертацией.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Обзор состояния вопроса и норм по энергосбережению

Изначально идея разработки принципов нормирования зданий по параметрам энергоэффективности возникла в нашей стране в 1992-1993 гг. В 1995 г. в СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» (изд. 1995 г.) были внесены принципиальные изменения, которые обеспечивали повышение уровня теплозащиты и понизили удельный расход теплоэнергии на 20% в период 1995-2000 гг.; на 40% с 2000 г. В 1998 г. была утверждена новая направленность строительного нормирования – территориальные строительные нормы (ТСН), которые учитывают особенности регионов. В период с 1998-2005 гг. НИИСФ совместно со специалистами регионов внедрили ТСН по энергосбережению в 53-х регионах страны, что привело к повышению энергосбережения до 40%. В США аналогами ТСН служат пакеты территориальных норм штата. В период 1998-2005 Госстрой РФ утвердил стандарты по энергоаудиту эксплуатируемых зданий (ГОСТ 31166-03 [34], ГОСТ 31167-03 [35], ГОСТ 31168-03 [36]). В 2003 г. в свет вышел СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [129]; Свод Правил СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» [121]; СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные» [128], в котором содержится раздел «Энергосбережение» [111].

В.Г. Гагарин отмечает ряд недостатков СНиП [129]: отсутствие контроля за теплопотерями через наружные ограждающие конструкции, усложненная методика расчетов, содержание большого количества неточностей понятийного аппарата, необоснованное разделение зданий по энергопотреблению в зависимости от эксплуатационной направленности [16].

В 1994 г. Госстрой РФ осуществил переход на нормирование по потребительским (эксплуатационным) характеристикам. Это значит, что нормированию

подлежат не отдельные ограждающие конструкции (поэлементный принцип), а здание целиком по энергетическим параметрам, определяющим тепловой баланс здания. То есть, в основе заложен системный принцип нормирования, поскольку поэлементный подход не дает возможности оценки энергетической экономики здания в целом. Новый принцип определялся содержанием в нормах эксплуатационных параметров, которые должны быть достигнуты в результате осуществления строительства, без указания жестких директирующих правил, каким именно путем они должны быть достигнуты. Необходимо соблюсти только нижний предел сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Также к элементам системного нормирования следует отнести и вопрос качества строительных работ, который в значительной мере влияет на тепловую защиту здания. К тому времени нормирование по потребительским характеристикам действовало в США, Германии, Канаде, Англии, Дании, Италии, Франции [65, 74, 123, 124]. Основными показателями системного нормирования являются: удельная потребность здания в энергии; нормирование показателей комфортного микроклимата для пребывания людей; обеспечение отсутствия выпадения влаги на внутренних поверхностях ограждающих конструкций.

Направленность на эксплуатационные параметры определила создание стандартов энергосбережения: ГОСТ Р 51387 [37], ГОСТ Р 51541-99 [38].

Внедрение принципов системного нормирования в нашей стране можно разделить на пять этапов [74]:

- 1) 1992-1994 гг. – разработка энергетического принципа нормирования. Основа – поэлементный метод. Установка минимально допустимых сопротивлений теплопередаче элементов ограждающих конструкций. Несоответствие нормируемого уровня теплозащиты зданий требованиям энергоэффективности;

- 2) 1994-1998 гг. – разработка модели энергетических норм и энергопаспорта здания. Первый шаг в интеграцию в нормирование энергетического подхо-

да. Оценка теплоизоляции по совокупности ограждающих конструкций здания. Разработка ГОСТ 30494 [33];

3) 1998-1999 гг. – цель – достижение эксплуатационных параметров. Разработка принципиальных направлений новых норм: обеспечение уровня теплового комфорта, повышение энергоэффективности здания. Тем не менее, нормирование по удельному расходу тепла, полагаемое, как конечная цель, не было представлено. Создание первых ТСН;

4) 1999-2003 гг. – разработка НИИСФ стандартов по энергоаудиту зданий [34, 35, 36]. Утверждение Госстроем нового СНиП 23-02-2003 [129] взамен СНиП II-3-79 и нового СП 23-101-2004 [121];

5) 2003-2012 гг. – определение энергетической эффективности одним из приоритетных направлений обеспечения безопасности зданий; утверждение Программы энергоэффективного пути развития экономики РФ, а так же снижение ВВП на 40 % до 2020 г.; утверждение СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» [122].

На сегодняшний день имеется в достаточной степени сформированная законодательная и нормативно-правовая база для системной работы и решения проблем в области повышения энергетической эффективности зданий, развитие которой началось с Указа Президента РФ от 4 июня 2008 года № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» [89]. Принятый 23 ноября 2009 года Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [97] чётко обозначил правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [23, 99].

В конце декабря 2009 года был принят Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [139], установивший энергетическую эффективность зданий, как одно из требований безопасно-

сти. А утвержденный распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 года № 1047-р перечень национальных стандартов и сводов правил [90] (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», включает в себя СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [23, 99].

Согласно статье 42 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ [139] строительные нормы и правила, признанные в соответствии с Федеральным законом сводами правил проходят актуализацию. Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 года № 265 утверждён СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» [122]. Однако на переходный период до включения его в вышеуказанный перечень обязательных национальных стандартов и сводов правил он имеет статус добровольного применения.

Нормативные правовые акты Российской Федерации, принятые для реализации ФЗ №261 [97], устанавливают требования энергетической эффективности, в результате применения которых должны быть созданы условия, исключающие нерациональный расход энергетических ресурсов в процессе эксплуатации зданий. Так помимо обязательных требований с 1 января 2013 года должны применяться дополнительные требования по интеграции в энергетический баланс зданий нетрадиционных источников энергии и вторичных энергетических ресурсов. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 18 от 25 января 2011 года [94] требования энергетической эффективности должны предусматривать уменьшение показателей, характеризующих годовую удельную величину расхода энергетических ресурсов, не реже 1 раза в 5 лет: с января 2011 года (на период 2011-2015 годов) – не менее чем на 15 процентов по отношению к базовому уровню, с 1 января 2016 года (на период 2016-2020 годов) – не менее чем на 30 процентов по отношению к базовому уровню и с 1 января

2020 года – не менее чем на 40 процентов по отношению к базовому уровню, установленному СНиП 23-02-2003. За базовый принят уровень энергопотребления 2007г. [23, 99].

В Европейском Союзе был разработан ряд законов (программ) по повышению энергоэффективности зданий. Страны, входящие в состав ЕС должны разрабатывать национальные программы, отвечающие нормам общеевропейских законов. Первоначальным законом был SAVE [151], принятый в 1993г. До этого момента данная директива уже имела успешный опыт снижения энергопотерь до 25%. Главной задачей являлось уменьшение выделений двуокиси углерода в атмосферу и, как следствие, разработка программ по повышению энергоэффективности использования ресурсов. В 2000г. была реализована долгосрочная программа SAVE [152], направленная на привлечение инвестиций в энергосбережение. Ю.А. Матросов [74] отмечает, что принятие закона SAVE и соответствующей программы являлось вектором развития новых норм по энергосбережению во Франции (RT-2000), Германии (VsVO-1995, EnEV-2002), Нидерландах (NEN-1998) и т.д. Цель германских норм – снижение потребления первичной энергии в зданиях. По конечному удельному теплоснабжению германские нормативы ниже российских, тем не менее, применяются близкие методологии нормирования. Отличие в ориентированности России на централизованное теплоснабжение и нормирование по конечному значению. Французские нормы в отличие от норм Германии и России ориентированы на здание-эталон (оно должно иметь аналогичные объемно-планировочные решения, что и проектируемое здание). Российские нормы в большей части соответствуют требованиям закона: системный подход, общие принципы расчета, обеспечение требуемого микроклимата, составление энергопаспорта. Отличие – направленность ЕС на децентрализованное теплоснабжение.

Пугачев С.В., Табунщиков Ю.А. [131] отмечают, что система стандартизации ЕС является более разработанной, чем в США. Система стандартизации ЕС осно-

вана на Директиве 2010/31/ЕС по энергоэффективности зданий – EPBD-2010 [153], которая определяет общую методологию требований по энергоэффективности зданий, с возможностью каждой страны-участницы учитывать свои климатические и ресурсные особенности. Зарубежные страны разрабатывают международный стандарт ИСО 50001 «Системы энергоменеджмента. Требования и руководства по применению». Данный стандарт объединяет в себе американские, европейские и азиатские требования и подходы к энергоменеджменту. Россия не принимает активного участия по совместной разработке данного стандарта, хотя является полноправным членом рабочей группы [145]. Авторы приходят к мнению, что российская нормативная система должна иметь один директивный стандарт по энергосбережению, аналогичный EPBD-2010, объединяющий все нормы по энергоэффективности, который даст возможность выполнения указа Президента, ФЗ №261 [97] и различных постановлений министерств.

Строительство относится к отрасли, потребляющей значительное количество энергии. Поэтому вопросы энергоэффективности становятся актуальными, особенно в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Под энергетической эффективностью в строительстве понимается комплекс мероприятий, направленных на снижение энергии, в частности, уменьшение расхода энергоресурсов, необходимых для обеспечения в помещениях требуемых параметров микроклимата. Понятие энергетической эффективности неразрывно связано с необходимостью энергосбережения. Снижение энергопотребления зданий может быть достигнуто повышением уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций [111]. Поскольку работы по устройству наружных ограждающих конструкций влияют на безопасность объектов капитального строительства, а именно энергетическую эффективность, необходимы определенные стандарты и своды правил, по которым такие работы будут выполняться, и соблюдение которых в соответствии с требованиями статьи 55.13 Градостроительного Кодекса [43] будет проверяться саморегулируемыми организациями в области строительства [23, 99].

Следует отметить, что с каждым годом становится все более очевидной необходимость повышения эффективности энергопотребления. По данным отечественных и зарубежных исследований, здания, строения, сооружения потребляют более 40% всей произведенной энергии. На выработку теплоэнергии затрачивается приблизительно 30% топливно-энергетических ресурсов страны, эта цифра в 1,5 раза больше затрат на выработку электроэнергии. Актуальность проработки вопросов по повышению энергоэффективности зданий объясняется также систематическим повышением мировых цен на энергоресурсы. В качестве примера может служить интенсивность роста цен на баррель нефти в период с середины 90-х годов (около 8\$ США) по 2012 г. (115\$ США) [74, 79, 101, 117, 156].

Для Российской Федерации данная проблема особенно актуальна. Энергоемкость ВВП России в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 2,5-3,5 раза выше, чем в западных странах. Более 83% жилых зданий было построено еще до 1990 года. Энергопотери при транспортировке теплоэнергии в России 35-50%, тогда как в европейских странах – 5-10%. Нельзя обойти вниманием общий износ систем обеспечения потребителей энергоресурсами. Общее энергопотребление России оценивают в 200ГВт. Стоимость генерирующих мощностей для выработки 1кВт – 3000\$ США. Итого 600 млрд. \$ США. Стоимость энергосетей – 30% от стоимости генерации – около 200 млрд. \$. По экспертным оценкам износ энергосетей составляет 70%, причем 40% требуют немедленного ремонта, т.е. для осуществления ремонта сетей необходимо единовременное вливание 80 млрд. \$. Общий требуемый объем инвестиций для топливно-энергетического комплекса (ТЭК) составляет около 6 трлн. руб [45]. Тем самым доказывается нереализуемость единовременного решения данной проблемы.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности является одной из важнейших государственных задач по отношению и к внешней направленности. В 2000-2008 гг. за счет внедрения новых технологий энергоемкость ВВП снижалась в среднем на 1% в год, что совпадает с темпами других стран.

Данный факт обязывает к еще более интенсивному повышению энергоэффективности российской экономики. В IV докладе Межправительственной группы Россия-ЕС говорится, что рентабельность от вложенных средств в повышение энергоэффективности больше, чем увеличение добычи топлива. Существует зависимость: 1% энергосбережения дает прирост ВВП на 0,35-0,40%. Положительным примером служит опыт КНР, где от внедрения политики энергосбережения было достигнуто снижение энергоемкости ВВП в четыре раза в период 1990-2003гг. [116, 155]. Матросов Ю.А [74] приводит прогноз развития первичных энергоресурсов и энергопотребления России (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Прогноз развития первичных энергоресурсов и энергопотребления России

Таким образом, можно сделать вывод, что повышение энергетической эффективности всех отраслей экономики России является важнейшей задачей государства. Перспективный экономический рост России будет менее интенсивным по сравнению с экономиками других стран, если сохранятся вышеперечисленные тенденции, и вопросы снижения энергоемкости ВВП будут оставаться нерешенными, что со временем приобретет только усугубляющий характер. При вступлении России в ВТО неизбежно выравнивание цен на внутренние энергоресурсы с мировыми, и если проблема высокой энергоемкости ВВП не будет решена, то конкурентоспособность российской экономики будет далеко не удовлетворяющей потребности общества и государства в целом. Более того, высокая энергоемкость в жилищном секторе создает условия для повышения стоимости коммунальных

услуг при условии низкой энергетической эффективности значительной части зданий, поскольку ранее вопросам энергоэффективности зданий практически не уделялось должного внимания, поскольку кроме обеспечения несущей способности и других характеристик необходимо соблюдение и энергетической безопасности здания [79, 80].

Данное положение дел обусловило переход российской экономики на энергоэффективный путь развития, в особенности в строительной отрасли. Так Постановление [94] предписывает в период с 2011-2015гг. обеспечить переход на энергоэффективный путь развития экономики РФ, а в период 2016-2020гг. предусматривается обеспечить развитие экономики РФ по энергоэффективному пути, а также снижение энергоемкости ВВП на 40% в 2007-2020гг. при любом сценарии развития экономики. Исполнению Постановления [94] препятствуют следующие факторы: рост показателей износа основных фондов, рост теплопотерь, замедленное сокращение отрицательного влияния на окружающую среду [96].

В строительной отрасли проблема повышения энергетической эффективности вновь строящихся и реконструируемых объектов наиболее актуальна. Е.А. Абрамова [1], О.В. Лебедев [62], И.В. Ливчак [66] отмечают, что значительная часть сдаваемых в эксплуатацию зданий не соответствуют требованиям проекта по энергоэффективности. Не менее остро стоит вопрос о термомодернизации существующего жилого фонда.

Основными факторами, влияющими на повышенные удельные расходы энергоресурсов при строительстве и эксплуатации зданий являются [22, 74, 87, 113]:

- недостатки архитектурно-планировочных и инженерных решений;
- неудовлетворительное качество стеновых ограждающих конструкций в обеспечении необходимого уровня теплозащиты;
- несовершенство нерегулируемых систем естественной вентиляции;

- низкое качество строительных работ по устройству наружных ограждающих конструкций;
- отсутствие приборов учета, контроля и регулирования на системах отопления и горячего водоснабжения;
- низкое качество теплоизоляции теплотрасс;
- устаревшие и непроизводительные типы котельного оборудования;
- недостаточное использование нетрадиционных и вторичных источников энергии;
- недостаточное экономическое стимулирование энергосберегающих мероприятий;
- отсутствие широкого внедрения научно-методических разработок по повышению энергетической эффективности зданий.

В настоящее время происходит постепенное внедрение компьютерных программ по моделированию уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций зданий при различных вариантах проектных решений.

В целом же можно выделить три основных направления развития повышения энергоэффективности зданий:

- 1) совершенствование архитектурно-планировочных решений [12, 13, 22, 46, 49, 64, 74, 116, 130, 141, 149, 150];
- 2) совершенствование наружных ограждающих конструкций [7, 8, 12, 15, 18, 23, 63, 64, 88, 89, 135];
- 3) совершенствование инженерных систем [6, 7, 74, 96, 124, 133, 141, 154].

На данном этапе развития технического регулирования в области энергосбережения в строительстве необходима качественная разработка новых национальных стандартов, сводов правил и стандартов организаций, позволяющих эффективно реализовывать требования современной законодательной и нормативной правовой базы [23, 99].

Наиболее перспективным направлением повышения энергетической эффективности зданий является совершенствование организационно-технологических решений устройства наружных ограждающих конструкций гражданских зданий. Для этого необходимым является выполнение следующих условий: обеспечение требований нормативной документации и технических регламентов в области повышения энергоэффективности; повышение уровня качества строительно-монтажных работ; определение реальных теплозащитных характеристик строящихся, эксплуатируемых и реконструируемых зданий [99].

1.2 Анализ методики составления энергетического паспорта здания

Согласно ГОСТ Р 51387 [37] энергетический паспорт здания – это документ, содержащий геометрические, энергетические и теплотехнические характеристики зданий и проектов зданий, ограждающих конструкций и устанавливающий их соответствие требованиям нормативных документов. Раздел проекта «Энергоэффективность», включающий энергопаспорт, в качестве обязательного к исполнению был впервые включен в СНиП 23-02-2003 [129]. Данный раздел должен содержать все показатели, характеризующие энергоэффективность принимаемых решений, а также сопоставление данных решений с соответствующими нормативными значениями. Раздел «Энергоэффективность» включает в себя энергопаспорт здания, пояснительную записку с необходимыми расчетами, класс энергетической эффективности здания, принимаемый согласно [93], вывод о соответствии решений проекта нормативным требованиям, в случае необходимости рекомендации по повышении энергоэффективности [121].

Идея разработки энергопаспорта в РФ возникла в 1992 году. В 1994 г. энергопаспорт был впервые введен в российские нормативные документы – в МГСН 2.01-94 [77], далее последовала доработка и выпуск в составе МГСН 2.01-99 [78]. На федеральном уровне энергопаспорт был закреплен в составе свода

правил СП 23-101-2000 [121] и носил рекомендательный характер, предписывал обязательное исполнение в составе СНиП 23-02-2003 [129]. Совпадает по времени развития энергопаспорта аналогичные изменения и в зарубежной практике повышения энергоэффективности (Германия, Великобритания) [74].

Энергопаспорт заполняется:

- 1) на стадии разработки проектной документации. Результатом являются данные по энергетическим и теплотехническим особенностям здания;
- 2) на стадии сдачи объекта в эксплуатацию – для подтверждения значений, принятых на первом этапе или анализа их расхождений со значениями, принятыми по результату строительства. При необходимости заказчик или инспекция ГАСН вправе инициировать проведение натурных испытаний;
- 3) на стадии эксплуатации объекта – выборочно и после одного года эксплуатации – для более точной оценки принятых и реализованных решений [114].

В.И. Ливчак и Ю.А. Матросов [73] отмечают следующие преимущества энергетической паспортизации зданий: контроль соответствия принимаемых решений нормативным требованиям; прозрачность «энергетического качества» здания для будущих потребителей; градация зданий по степени энергопотребления; влияние на повышение энергетической эффективности зданий.

В работе [74] автор высказывает спорную мысль, что одной из функций энергопаспорта является контроль за энергетической эффективностью в процессе строительства. Энергопаспорт разрабатывается на основе проектной документации, а соответствие фактических значений проектным решениям, принятым на стадии разработки, подтверждается результатами натурных испытаний, осуществляемых только на этапе окончания производства работ [114].

Структура энергопаспорта основывается на системном теплотехническом проектировании; результатом является определение удельного энергопотребления

здания за отопительный период, которое включает в себя различные источники энергии.

Энергопаспорт включает следующие данные: данные о типе и функциональном назначении здания, объемно-планировочные решения, геометрические характеристики, ориентация здания в пространстве, данные об ограждающих конструкциях, климатические особенности района строительства; проектные значения по теплозащите здания, системы регулирования микроклимата, проектные теплоэнергетические характеристики здания; фактические данные теплотехнических и энергетических параметров здания после этапа его возведения, класс энергоэффективности здания, рекомендации по повышению уровня энергоэффективности здания; результаты экспертизы энергопотребления после годовой эксплуатации здания; нормирование показателей комфортного микроклимата для пребывания людей.

В утвержденном 30.06.2012 г. СП 50.13330.2012 [122] содержатся существенные различия по расчету уровня теплозащиты здания и энергопаспорта, а также по определению класса энергетической эффективности. По поводу содержания и рекомендаций, представленных в СП 50.13330.2012, существует ряд критических замечаний [70, 114]:

- проигнорированы требования Постановления [94] о повышении энергоэффективности зданий по сравнению с базовым, нормируемым в 2003-2010 гг. уровнем, на 15% с 2011 г., на 30% с 2016 г. и на 40% с 2020 г.;
- таблица 15 с классами энергоэффективности не соответствует классификации, указанной в Приказе Министерства регионального развития Российской Федерации от 08.04.2011 г. № 161 [93];
- форма энергопаспорта здания, представленная в Приложении Д [122], не соответствует форме энергопаспорта, составленного на основании проектной документации по Приложению №24 из Приказа Министерства энергетики Российской Федерации от 19 апреля 2010 г. №182 «Об утверждении требований к

энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации, и правил направления копии энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования» [95];

- энергопаспорт, представленный в Приложении Д [122], требует заполнения теплотехнических и геометрических показателей, которые относятся к определению затрат теплоэнергии на отопление здания в течение отопительного периода. Энергопаспорт, представленный в [95], содержит характеристики, относящиеся к затратам всех видов энергоресурсов (тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, электрической энергии, природного газа), тем самым, предусматривается комплексный подход к вопросам энергопотребления, что более основательно отражает требования, изложенные в ФЗ №261 [97].

На основании практики применения норм по энергоэффективности как в странах Европы, так и в РФ, при определении теплоэнергетических параметров необходимо строго соблюдать алгоритмы расчета, представленные в нормативных документах (EN 832, DIN 4701-10, СНиП 23-02-2003 и т.д.). Энергопаспорт, являясь инструментом по привлечению инвестиций, обязателен в соответствии с «Директивой ЕС по энергетическим показателям зданий» во всех странах Европы [68, 69, 72, 74].

Так как энергетический паспорт разрабатывается на основе проектной документации, а соответствие фактических значений проектным решениям, принятым на стадии разработки, проверяется результатами натурных испытаний, осуществляемых только на этапе окончания производства работ, то повышение достоверности данных энергопаспорта на этапе ввода в эксплуатацию, а так же разработка методики расчета энергопаспорта в процессе строительства являются актуальными задачами [114].

1.3 Анализ подходов к оценке системы обеспечения качества строительных работ

Совершенствованием организационно-технологических решений в строительстве занимались отечественные ученые: В.А. Афанасьев [2], А.Х. Байбурин [5], С.А. Болотин [9], С.Н. Булгаков [11], С.Г. Головнев [4], А.А. Гусаков [48], Э.-К.К. Завадскас [53], А.А. Лapidус [61], Ю.Б. Монфред [85], П.П. Олейник [98], Ю.П. Панибратов [100], В.И. Теличенко [134] и др.

Профессор П.П. Олейник [98] отмечает, что дальнейшее повышение эффективности строительного производства возможно за счет организационных решений, так как технологические решения в большей части исчерпали возможности повышения эффективности.

В работе профессора Э.-К.К. Завадскаса [53] раскрыта необходимость совершенствования системы организационно-технологического проектирования, в частности, повышения качества принимаемых решений на этапе разработки ППР.

Профессор Ю.Б. Монфред [85] обосновывает, что систематический рост производительности труда достигается за счет совершенствования организации труда на научной основе, посредством разработки форм и методов совершенствования процессов. Решение данной комплексной задачи базируется на совершенствовании технологии, автоматизации процессов и улучшении качества продукции. Проблема повышения качества продукции наиболее экономическим путем определена как одна из задач, определяющих темпы роста научно-технического прогресса.

В подтверждение этому в работе [61] профессора А.А. Лapidуса отмечено, что эффективность инвестиционных проектов зависит от сформированной организационной системы, обеспечивающей реализацию проекта в заданные сроки, установленные затраты и фиксированными параметрами качества.

В работе [100] профессором Ю.П. Панибратовым определено, что на современном этапе развития производства решающее влияние на весь производственный процесс оказывают сокращение продолжительности строительства и повышение качества строительной продукции. Автор отмечает низкое качество выполнения СМР, ведущее к появлению отказов, в частности, в работе ограждающих конструкций из-за дефектов теплозащиты.

Согласно ГОСТ 15467-79 [26] оценка уровня качества заключается в выборе номенклатуры показателей, характеризующих техническое совершенство оцениваемой продукции, определении значений этих показателей и сопоставлении их с базовыми.

А.Х. Байбурин [5] отмечает, что в строительстве отсутствует научно-обоснованная система критериев и методы оценки фактического качества строительных работ. Известные методы оценки качества работ не удовлетворяют некоторым критериям удобства и достоверности. К числу некоторых мер повышения эффективности и качества выполнения строительных работ автор относит необходимость снижения трудоемкости контроля качества и разработку информативных ППР, включающих карты операционного контроля качества с указанием контролируемых параметров, объема, методов и средств контроля.

Необходимым условием повышения качества строительных работ и безопасности продукции является совершенствование системы контроля качества, входящей в систему обеспечения качества, которая, в свою очередь, является составной частью системы менеджмента качества согласно международным стандартам ИСО серии 9000. Содержание соответствующих систем отличается масштабом, целевой направленностью и в различной степени оказывает влияние на безопасность продукции.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2008 (ISO 9000:2005) [40] менеджмент качества – это скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией применительно к качеству. Система менеджмента качества создается для

разработки политики и целей в области качества и достижения этих целей. Обеспечение качества – это часть менеджмента качества, направленная на создание уверенности в том, что требования к качеству будут выполнены. Контроль качества – процедура оценивания соответствия путем наблюдения и суждений, сопровождаемых соответствующими измерениями, испытаниями.

Основные положения по проектированию, внедрению, сертификации, проверке и совершенствованию систем менеджмента качества приведены в международных стандартах ИСО серии 9000, которые приняты в России в качестве национальных. Стандарты ГОСТ Р ИСО серии 9000 являются руководящими при разработке отечественной нормативной базы управления качеством [71, 140].

Основными документами новой редакции стандартов ИСО являются: ГОСТ Р ИСО 9000-2008 (ISO 9000:2005). Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь [40]; ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ISO 9001:2008). Системы менеджмента качества. Требования [41]; ГОСТ Р ИСО/ТО 10013-2007 (ISO/TR 10013:2001). Менеджмент организации. Руководство по документированию системы менеджмента качества [42].

В международных стандартах ИСО 9000 сформулированы восемь основных принципов управления, направленных на повышение качества: фокус на потребителя; лидерство руководства; вовлечение работников; процессный подход; системный подход к управлению; непрерывное улучшение; фактический подход к принятию решений; взаимовыгодные отношения с поставщиками.

При разработке стандартов ИСО 9000 был учтен опыт СССР в управлении качеством. В нашей стране впервые в мире была предпринята попытка создать единую систему государственного управления качеством продукции (ЕС ГУПК). Система была разработана Госстандартом с участием около двухсот НИУ, производственных и проектных организаций. В строительном комплексе СССР разработка и внедрение комплексной системы управления качеством продукции (КС УКП) в 80-е годы велась в 193 организациях. Внедрение отраслевой КС УКП

имело своим результатом некоторое снижение затрат на устранение дефектов строительной продукции [4].

Снижение рисков ошибок участников строительства достигается исполнением требований отраслевых систем обеспечения качества. Примерами разработанных и внедренных отраслевых систем обеспечения качества могут служить:

- программа обеспечения качества СМР и представления услуг атомной станции ПОКАС (С) [102], возлагающая ответственность за обеспечение качества при выполнении работ на тех, кто выполняет работу, а не на тех, кто посредством проверки обеспечивает качество ее выполнения. Программа устанавливает: структуру взаимодействия и разграничение обязанностей и ответственности участников строительства; направление деятельности на предупреждение дефектов, а не на их устранение; процедуры выполнения и контроля выполнения СМР и документирование результатов контроля; систематический контроль изменений в документации; планирование частных программ обеспечения качества; постоянное освоение новых строительных технологий;

- разработанное ВНИИС руководство по оценке качества строительства линейной части магистральных трубопроводов Р 454-81 [106] предусматривает оценку качества проектной документации, снабжения, строительной организации, СМР. Оценка качества проекта производится по отношению количества вопросов с замечаниями к общему числу вопросов. Оценка качества материалов производится по отношению количества дефектов к общему количеству контролируемых параметров при поставке. Оценка качества выполненных СМР производится из отношения объемов СМР, принятых с первого предъявления, к общему объему выполненных работ. Показатель качества законченного строительством объекта определяется как среднее значение показателей качества, составляющих его конструктивных элементов. Далее определяется комплексный показатель качества. Недостатками методики являются большая трудоемкость и необходимость контроля над контролерами для оценки качества их работы;

– методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции РД 50-149-79 [110]. Методические указания устанавливают единые правила оценки уровня качества производства и уровня качества продукции в эксплуатации, определяют классификацию показателей качества продукции, методы определения значений показателей качества. Определение уровня качества изготовления продукции производится с помощью коэффициента дефектности, представляющего собой характеристику средних потерь, связанных с наличием дефектов, выраженных в рублях или в условных единицах – баллах, приходящихся на единицу продукции. Оценка уровня качества продукции в эксплуатации осуществляется путем сравнения фактических значений показателей качества (с учетом заданного срока эксплуатации) со значениями тех же показателей качества, достигнутых на стадиях разработки и изготовления;

– программный план системы обеспечения качества (ППСК) российского объекта по уничтожению химического оружия (РОУХО) [104]. ППСК определяет комплексные требования по обеспечению качества. Требования ППСК определяют необходимость описания объема работ, организационной структуры, обязанностей и полномочий участников. Качество достигается и поддерживается персоналом, отвечающим за выполнение работ. Проверка соблюдения требований по качеству осуществляется персоналом, непосредственно не отвечающим за выполнение проверяемой работы. Контролируемые условия включают: инструкции по контролю, использование соответствующего оборудования, соблюдение применимых стандартов и нормативов, общий и текущий контроль технологических параметров и характеристик, критерии приемки.

Недостатком указанных и подобных систем является обобщенный характер требований без учета специфики строительной отрасли. Системы не дают конкретных рекомендаций по контролю параметров строительных работ в целом и параметров энергетической эффективности в частности. Современные тенденции развития строительства определяют необходимость совершенствования си-

стемного подхода, методов контроля и оценки качества возведения гражданских зданий с учетом показателей безопасности.

А.Х. Байбуриным [5] была разработана методика комплексной оценки качества строительства, где уровень системы обеспечения качества оценивался с учетом возможности исполнителей инвестиционно-строительного цикла безошибочно выполнить работы по разработке проектной документации, по изготовлению материалов и изделий, по производству строительных работ, а также от эффективности функционирования системы строительного контроля и надзора.

О.Н. Будадин [10], В.П. Вавилов [13], Н.С. Гурьянов [47], О.В. Лебедев [62], К.Ф. Фокин [142] в качестве одного из ключевых решений по повышению энергоэффективности зданий выделяют контроль качества строительных работ. Применение теплового контроля как отдельных элементов наружных ограждающих конструкций, так и всего здания в целом, авторы считают обязательным условием установления соответствия проектным решениям фактических значений контролируемых параметров.

До настоящего времени строительный контроль качества работ по устройству наружных ограждающих конструкций ведется без использования количественных оценок параметров энергоэффективности. Это объясняется неопределенностью контролируемых параметров как по качественному, так и по количественному признакам. Вместе с этим наблюдаются отклонения от требований нормативных документов на этапе производства работ по параметрам энергоэффективности [7, 13, 18, 62, 63, 67, 115].

Таким образом, практические механизмы повышения энергоэффективности зданий требуют дальнейшего развития. С учетом требований Постановления Правительства РФ [94] о повышении энергоэффективности зданий по сравнению с базовым, нормируемым до 2020 г., перспективным направлением является совершенствование строительного контроля при устройстве наружных ограждающих конструкций гражданских зданий. Организация надлежащего строительного

контроля и разработка методов оценки качества устройства фасадных систем по параметрам энергетической эффективности является необходимым условием установления баланса между принимаемыми проектными решениями и фактическим исполнением строительных работ по устройству ограждающих конструкций зданий [115].

1.4 Анализ влияния дефектов производства работ на энергоэффективность зданий

Общеизвестно, что обеспечение заданного уровня приведенного сопротивления теплопередаче определяет теплозащитные свойства здания в целом.

Приведенное сопротивление теплопередаче, в свою очередь, определяется: характеристиками слоев конструкции; условиями радиационного и конвективного теплообмена поверхностей конструкции; коэффициентом теплотехнической однородности ограждающей конструкции.

Коэффициенты теплопроводности материалов слоев ограждающей конструкции, коэффициенты тепловосприятости и теплоотдачи поверхностей, коэффициент теплотехнической однородности принимаются согласно требованиям норм. Таким образом, теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций принимаются на этапе разработки проектной документации. Приведенное сопротивление теплопередаче непосредственно фигурирует при расчете энергетического паспорта здания. Не смотря на это, проектные теплофизические характеристики зачастую отличаются от фактических. Это обусловлено отступлением от проектных решений на этапе строительства при устройстве ограждающих конструкций, то есть возникновением дефектов теплозащиты [13, 19, 60, 63, 119, 137, 157].

В.П. Вавилов [13] предложил классификацию дефектов теплозащиты по причинам возникновения на проектные дефекты, дефекты изготовления материа-

лов и изделий, дефекты строительных работ, нарушение режима эксплуатации [115].

К проектным дефектам теплозащиты современных наружных ограждающих конструкций относятся:

- отсутствие учета влияния архитектурно-планировочных решений и климатических особенностей района строительства [13, 22, 47, 82, 116, 130, 138];

- неправильное расположение слоев в многослойных ограждающих конструкциях [8, 74, 142];

- использование в качестве теплоизоляционного слоя минераловатного утеплителя с пониженной плотностью [18, 74, 138];

- отсутствие ветро-гидроизоляционной мембраны при использовании в качестве теплоизоляционного слоя минераловатного утеплителя с пониженной плотностью [15, 18];

- использование мембраны с повышенным сопротивлением паропроонианию;

- использование завышенных значений коэффициента теплотехнической однородности без проверки моделированием температурных полей [17, 19, 20, 76, 82, 115].

К дефектам изготовления строительных материалов относятся:

- нарушение технологии изготовления, правил перевозки и складирования материалов, ведущее к изменению теплозащитных характеристик материалов [8, 54, 64, 88, 115, 127, 135, 147].

К дефектам теплозащиты, возникающим из-за нарушения технологии производства строительных работ при устройстве стеновых ограждающих конструкций, относятся:

- неадекватная замена материалов – использование материалов с пониженными теплозащитными свойствами [8, 63, 103, 113, 115, 138];

- нарушение технологической последовательности монтажа [17, 58, 60, 82, 113, 115];
- нарушение технологии устройства несущего основания, светопрозрачных конструкций [4, 7, 8, 55, 74, 84, 88, 115, 137, 146];
- нарушение технологии монтажа теплоизоляционного слоя [7, 17, 18, 58, 60, 84, 113, 115, 127, 135];
- образование неучтенных в проекте теплопроводных включений [14, 17, 21, 50, 58, 113, 115, 125, 137].

К дефектам теплозащиты, образующимися по причине нарушения эксплуатационного режима, относятся:

- нарушение температурно-влажностного режима ограждающей конструкции [13, 47, 63, 82, 115];
- изменение характеристик ограждающей конструкции в результате износа [8, 64, 115, 116, 142];
- устройство дополнительных теплопроводных включений при ремонтах [50, 84, 115, 116].

В последнее время в России активно развивается каркасное домостроение. По объемам оно составляет до 70 % и предусматривает преимущественно наружное утепление ограждающих конструкций. Широко применяемые в настоящее время способы наружного утепления ограждающих конструкций подразделяются на: системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями («мокрый» фасад); системы, предусматривающие облицовку мелкоштучным материалом; навесные фасадные системы с воздушным зазором (НФС). Наиболее индустриальным способом является устройство навесных фасадных систем с воздушным зазором по следующим факторам: архитектурная составляющая, разделение функции теплоизоляции и облицовки, улучшение влажностного состояния теплоизоляционного слоя, защита от климатических воздействий [5, 84].

Исследованию температурно-влажностного режима наружных ограждающих конструкций с устройством НФС посвящены работы В.Н. Богословского [8], В.Г. Гагарина [18, 20], Ю.А. Матросова [7, 74], В.Н. Мачинского [75], П.В. Монастырева [84], К.Ф. Фокина [142] и других ученых.

В широко применяемых в настоящее время навесных фасадных системах с воздушным зазором представлены многочисленные разновидности систем (Eurofox, Nasa, U-kon, Wagner, Альтернатива, Вектор, Виндал, Декот, Диат, ИСМ-Фасад, ИНСИ, Краспан, ЛАЭС, Мрамарок, Металлпрофиль, Навек, ОСТ, Премьер, Ронсон, Сиал, Союз, Татпроф, Термокрепс, Фасст и пр.). Основными отличиями между системами являются: способ крепления элементов системы, геометрические и теплофизические характеристики отдельных элементов системы; расчетные схемы систем; материал защитно-декоративного экрана [84].

В качестве теплоизоляционного слоя в применяемых НФС используются минераловатные утеплители на основе каменной или стеклянной ваты. Применение данных материалов имеет многолетнюю практику. Для уменьшения влияния циркуляции холодного воздуха в теплоизоляционном слое может дополнительно применяться ветро-гидрозащитная мембрана, но из-за горючести материала мембраны ее использование может быть заменено рядом альтернативных решений: применением материалов, не допускающих эмиссию волокна; расчет влияния продольной фильтрации с последующей компенсацией; использование конструктивных мероприятий с обоснованием теплофизическими расчетами [15, 18, 54].

Наружные ограждающие конструкции с НФС характеризуются значительной степенью теплотехнической неоднородности, на которую оказывают влияние как конструктивные составляющие системы [24, 52, 59, 76, 105], так и дефекты строительных работ [13, 18, 63, 64, 113].

Исследованию воздействия конструктивных элементов НФС на теплозащиту стеновых ограждающих конструкций посвящена работа П.В. Монастырева

[84], в которой предложена методика расчета коэффициента теплотехнической однородности с учетом влияния элементов НФС [113].

Вопросу определения и анализа дефектов теплозащиты с помощью теплового неразрушающего контроля (ТНК) посвящены работы Е.А. Абрамовой [1], В.П. Вавилова [13], О.Н. Будагина [10], Н.С. Гурьянова [47], О.В. Лебедева [62], Д.А. Михеева [82] и др.

Диагностику дефектов теплозащиты наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений проводят с помощью ТНК, целью которого является выявление зон повышенных теплопотерь и определение фактического уровня теплозащиты ограждающих конструкций. ТНК возможен при наличии температурного напора, который обеспечивает формирование на исследуемой поверхности температурного поля, качественный и количественный анализ которого позволяет диагностировать дефекты теплозащиты и осуществлять оценку качества ограждающих конструкций по параметрам энергоэффективности. В соответствии с этим, ТНК осуществляется активным и пассивным способом. При активном способе температурный напор обеспечивается использованием дополнительной тепловой стимуляции; при пассивном – тепловой напор формируется режимом эксплуатации объекта, поэтому дополнительная тепловая стимуляция не требуется.

Основными средствами, внесенными в государственный реестр средств измерений, для проведения ТНК являются: тепловизоры, пирометры, цифровые термометры, измерители влажности воздуха, анемометры, измерители плотности теплового потока. Обработка результатов ТНК заключается в качественном и количественном анализе. Качественный анализ предназначен для расшифровки регистрируемого температурного поля и температурных аномалий поверхности объекта контроля. Температурные аномалии обусловлены: конструктивными особенностями объекта, теплопроводными включениями, свойствами поверхности объекта, дефектами теплозащиты. Оценка тепловых аномалий дается как по величине температурного перепада в зоне аномалии, так и методом сравнения с ре-

перной зоной [13, 109]. Количественный анализ заключается в количественном определении уровня теплозащиты объекта контроля.

ТНК проводится как снаружи, так и внутри помещений. Наружный осмотр в большей степени необходим для качественного анализа наружных ограждающих конструкций объекта. Внутренний осмотр предназначен для более детального анализа теплозащитных свойств ограждающих конструкций объекта по характерным зонам, определенным на этапе наружного осмотра.

Стоит отметить, что при диагностике уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций с устройством НФС, наружный осмотр при проведении ТНК неэффективен, поскольку наличие защитно-декоративного экрана «сглаживает» любые температурные аномалии. Оценка уровня теплозащиты только внутренним осмотром весьма трудоемка, что отражается как на стоимости, так и на точности результатов контроля [13, 21, 47].

Практика строительства и диагностика дефектов наружных ограждающих конструкций на вновь возводимых зданиях определяют научный и практический интерес в установлении зависимостей влияния дефектов строительных работ по устройству НФС на уровень теплозащиты. Решение данной задачи, выбранное в качестве приоритетного направления исследования, позволит дать фактическую оценку уровня теплозащиты стеновых ограждающих конструкций с НФС.

Выводы по главе 1

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.

2. Наиболее перспективным направлением повышения энергетической эффективности зданий является совершенствование организационно-технологических решений устройства наружных ограждающих конструкций гражданских зданий. Для этого необходимым является выполнение следующих условий: обеспечение требований нормативной документации и технических регламентов в области энергосбережения и повышения энергоэффективности; повышение уровня качества строительно-монтажных работ; определение реальных теплозащитных характеристик строящихся, эксплуатируемых и реконструируемых зданий.

3. Так как существующая практика применения энергетического паспорта сводится к констатации теплопотерь, определяемой натурными испытаниями только на этапе окончания производства работ, то повышение достоверности данных энергопаспорта на этапе ввода здания в эксплуатацию, а так же разработка методики расчета показателей энергопаспорта в процессе строительства являются актуальными задачами.

4. Перспективным направлением повышения энергетической эффективности вновь возводимых и реконструируемых зданий является обеспечение надлежащего строительного контроля при устройстве наружных ограждающих конструкций. Организация строительного контроля и разработка методов оценки качества устройства фасадных систем с учетом параметров энергетической эффективности является необходимым условием установления баланса между принимаемыми проектными решениями и фактическим исполнением строительных работ.

5. Практика строительства и диагностика дефектов наружных ограждающих конструкций на вновь возводимых зданиях определяют научный и практический интерес в установлении влияния дефектов строительных работ по устройству НФС на уровень теплозащиты, позволяющего дать фактическую оценку уровня теплозащиты вновь возводимых и реконструируемых зданий, что является особенно актуальным в жилищно-коммунальной сфере.

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 для повышения энергетической эффективности гражданских зданий с устройством НФС необходимо совершенствование системы контроля качества производства работ, которое может быть достигнуто за счет определения количественных характеристик и нормирования технологических отклонений, разработки организационно-технологических решений для минимизации негативного влияния на теплозащитные свойства, разработки методики расчета энергетического паспорта в процессе строительства.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С УСТРОЙСТВОМ НФС

2.1 Анализ нарушений технологии производства работ по устройству НФС

Федеральный закон №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» представляет законодательную основу обеспечения безопасности в строительной отрасли и установил энергетическую эффективность одним из требований обеспечения безопасности зданий [139]. Под энергетической эффективностью в строительстве понимается комплекс мероприятий, направленных на снижение потребляемых зданиями энергетических ресурсов, необходимых для поддержания в помещениях требуемых параметров микроклимата [99, 115].

Одним из основных факторов, влияющих на повышенные удельные расходы тепловой энергии при эксплуатации зданий, является неудовлетворительное качество стеновых ограждающих конструкций в обеспечении необходимого уровня теплозащиты – значения приведенного сопротивления теплопередаче, то есть возникновение дефектов теплозащиты.

Анализ ранее проведенных исследований [7, 8, 17, 44, 47, 64, 86, 135], результатов многочисленных натурных обмеров, а также результатов проверок Госстройнадзора на объектах гражданского строительства Челябинской области выявил характерные нарушения технологии производства работ по устройству НФС [113].

К дефектам теплозащиты, возникающим из-за нарушения технологии производства строительных работ, относятся:

- неадекватная замена материалов – использование материалов с пониженными теплозащитными свойствами [115] (рисунок 2.1);



а)

б)

в)

Рисунок 2.1 – Использование материалов с пониженными теплозащитными характеристиками:

а) дефекты перевозки материалов; б) дефекты складирования материалов; в) применение при производстве работ

– нарушение технологии устройства основания (рисунок 2.2);



а)

б)

в)



г)

д)

е)

Рисунок 2.2 – Нарушение технологии устройства основания:

а) превышение толщины швов каменной кладки; б) нарушение устройства швов каменной кладки; в) неплоскостность поверхности основания; г) «наплывы» на поверхности основания; д) зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия; е) образование неучтенных в проекте «мостиков холода»

– нарушение технологии монтажа теплоизоляционного слоя (рисунок 2.3);



Рисунок 2.3 – Нарушение технологии устройства теплоизоляционного слоя:
 а) зазор в стыке плит утеплителя; б) зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя;
 в) отслоение теплоизоляционного слоя от основания; г) нарушение устройства ветро-
 гидроизоляционной мембраны

Исследовалось качество устройства НФС 20-ти гражданских зданий: сборно-монолитных, монолитных и кирпичных. В ходе изучения технологических нарушений, возникающих при устройстве НФС, были установлены основные дефекты теплозащиты [113]:

- зазор в стыке плит утеплителя;
- зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя;
- отслоение плит утеплителя от основания;

– отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материалов основания, теплоизоляционного слоя, кронштейна, а также материала заполнения деформационного шва между основанием и плитой перекрытия;

– отклонение от проектного значения толщины основания, теплоизоляционного слоя, кронштейна;

– зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия.

Не смотря 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 [115]. В дополнение к этому, фактические значения теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций определяются проведением экспериментальных исследований, которые проводятся на этапе окончания производства строительных работ.

В результате производственных исследований были определены статистические характеристики дефектности для основных отклонений от технологических допусков при производстве работ (таблица 2.1). Уровень дефектности составил 35–45 %. Гистограммы контролируемых параметров изображены на рисунке 2.4.

Таблица 2.1 – Статистические характеристики дефектности основных отклонений

Контролируемые параметры	$\bar{X}$	S_x	δX_n	Q
Зазор в стыке плит утеплителя	0,63	0,70	2,00	0,45
Зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя	1,47	0,62	5,00	0,41
Отслоение плит утеплителя от основания	1,58	0,52	6,00	0,35
Зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия	3,36	0,25	30,00	0,43

Примечания:

$\bar{X}$ – среднее значение параметра; S_x – стандартное отклонение; δX_n – нормативное отклонение параметра; Q – дефектность.

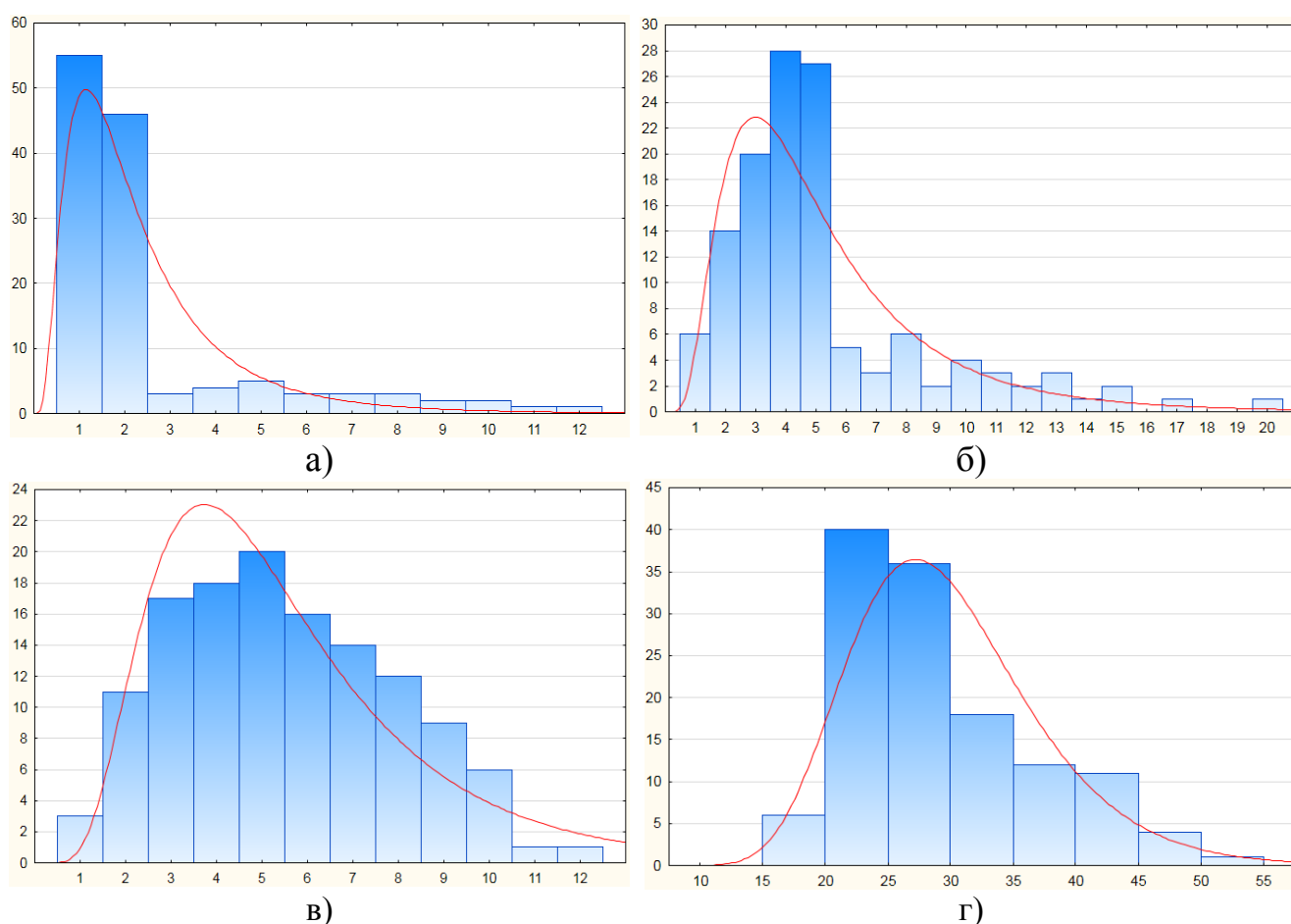


Рисунок 2.4 – Гистограммы контролируемых параметров:

- а) зазор в стыке плит утеплителя, мм; б) зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя, мм; в) отслоение плит утеплителя от основания, мм; г) зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия, мм

Наблюдаемая технологическая изменчивость, которая зависит от множества факторов (технологическая оснастка, методы производства работ, качество исполнения, способы измерений, качество документации) носит объективный характер и неизбежно приводит к дефектности. Человеческие ошибки усугубляют те случайные отклонения, которые появляются в результате действия перечисленных выше факторов. Этот вывод подтверждают производственные исследования на 20-ти объектах, где ни разу не было зафиксировано полное отсутствие дефектов, а также исследования на 30-ти объектах, проведенные проф. Байбуриным А.Х. [5].

В лабораторных и натурных условиях приведенное сопротивление теплопередаче определяют согласно ГОСТ 26254-84 [30], ГОСТ Р 54853-2011 [39], в

основе которых заложено усреднение измеряемых контактным способом в течении определенного промежутка времени величин плотности теплового потока, температур воздуха и поверхностей. Использование тепловизионной техники необходимо для бесконтактного термографирования поверхности объекта с последующим качественным анализом температурного поля и определения границ изотермических поверхностей [31].

На применение методик налагаются условия обеспечения достоверности результатов исследования [112]:

1) обеспечение стационарных условий протекания процесса теплопередачи в ограждающих конструкциях, то есть постоянство или слабое изменение температуры по обе стороны ограждающей конструкции в течении длительного промежутка времени;

2) обеспечение возможно большего значения температурного напора для минимизации погрешностей при последующем расчете приведенного сопротивления теплопередаче.

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.

Таким образом, методика ГОСТ [30] и основанная на ней методика ГОСТ [39] применимы только при минимизации погрешностей измерений в лабораторных условиях, а в натурных – при обязательном соблюдении требований 1) и 2).

Одним из условий обеспечения минимизации погрешностей измерений является учет тепловой инерции исследуемой конструкции. Изучению данного вопроса посвящены работы [8, 112, 142].

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 [62, 99, 136].

Для исследования влияния различных теплопроводных включений и дефектов строительных работ рациональнее использовать численные методы решения с помощью компьютерного имитационного моделирования.

Несмотря на преимущества применения программных продуктов, в настоящее время отсутствует методика оценки достоверности получаемых с их помощью результатов [82]. В работе [132] авторы утверждают, что точность расчетов температур с помощью численных методов составляет 1...3%. Тем не менее, для получения достоверных результатов при определении теплозащитных свойств ограждающих конструкций необходимо совместное использование указанных методов.

Таким образом, исследование влияния дефектов строительных работ на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции при моделировании процесса теплообмена необходимо проводить в три этапа: экспериментальные исследования в лабораторных условиях; компьютерное имитационное моделирование процесса теплообмена; анализ согласованности результатов [112, 113].

2.2 Методика экспериментальных исследований влияния дефектов строительных работ на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции с устройством НФС

Целью проведения лабораторных исследований является проверка адекватности применения компьютерного имитационного моделирования процесса теплообмена, а также определение влияния характерных дефектов строительных работ на теплозащитные свойства исследуемого фрагмента ограждающей конструкции с устройством НФС [115].

Ниже приведено описание лабораторных исследований; приведены результаты исследований влияния наиболее характерных дефектов строительных работ при устройстве НФС на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции [113, 115].

Исследование наиболее характерных дефектов при устройстве НФС на фрагменте ограждающей конструкции было реализовано в лабораторных условиях 08.07.2013 – 13.08.2013 г., что позволило обеспечить контроль за установленным температурным режимом и имитацию реального уровня качества монтажа фрагмента конструкции. Испытания проводились в аттестованной научно-исследовательской лаборатории УНЦ «Строительство» ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ), имеющей свидетельство № 424 о состоянии измерений в лаборатории, выданное ФБУ «Челябинский ЦСМ» и действующее до 05.07.2016 г. Лабораторные испытания проводились в соответствии с ГОСТ [30].

Объектом лабораторного испытания 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 [99]. В качестве несущего слоя использовалась кладка из пазогребневых газобетонных блоков марки D500, размерами 625x250x200 мм. Вертикальные и горизонтальные швы кладки выполнены на клею Ceresit СТ21 толщиной 5 мм. В качестве теплоизоляционного слоя использовались плиты утеплителя Лайнрок Венти Оптимал размерами 1000x500x100 мм. Характеристики слоев подбирались с условием обеспечения выполнения требований СНиП 23-02-2003 [129] для г. Челябинска [112].

Моделирование влияния на теплозащитные свойства фрагмента рассмотрено на примере характерных дефектов строительных работ при устройстве НФС: зазор в стыке плит утеплителя, зазор в стыке кронштейна для крепления направляющих с плитами утеплителя, отслоение плит утеплителя от несущего основа-

ния. Расчетные характеристики исследуемого фрагмента представлены в таблице 2.2 [112].

Таблица 2.2 – Физико-технические расчетные характеристики исследуемого фрагмента

№	Конструкционные слои	Состав	Коэффициент теплопроводности λ_A , Вт/(м·°С)
1	Несущий слой (толщина 200 мм)	Автоклавный газоблок марки D500, размером 200x250x625 мм	0,18
		Клей Ceresit CT21	0,7
2	Слой утеплителя – минераловатные плиты толщина (100 мм)	Лайнрок Венти Оптимал $\rho_0=80\div 100$ кг/м ³ (1000x500x100 мм)	0,042
3	Крепление плит утеплителя	Тарельчатые дюбели с металлическим гвоздем Mungo MDD-S 160x8 мм	58
4	Крепление направляющих для устройства НФС (оцинкованная сталь)	Кронштейн КР Альтернатива 150x50x50 мм	58
		Дюбель фасадный с шурупом MBK-STB 10x100/50	58

Для определения уровня теплозащиты испытываемого фрагмента использована специально изготовленная приборно-испытательная установка, состоящая из передвижного стенда (рисунок 2.5), климатической камеры (рисунок 2.6), комплекта приборного оборудования.

Конструкция передвижного стенда позволяла изменять конструктивные особенности фрагмента исследования – моделировать i -ый дефект – и перемещать до 1 м от климатической камеры для подготовительных работ. После подготовки фрагмента для проведения испытаний передвижной стенд со смонтированным на нем фрагменте пододвигался к климатической камере до плотного примыкания через теплоизолирующие элементы (рисунок 2.7) [112].

Климатическая камера MHU-800CLSA с полезным объемом 0,8 м³ применялась для создания по обе стороны исследуемого фрагмента ограждающей конструкции «теплого» и «холодного» отсеков с автоматизированным поддержанием температуры на заданном уровне. В качестве «теплого» отсека климатической



Рисунок 2.5 – Передвижной стенд



Рисунок 2.6 – Климатическая камера



Рисунок 2.7 – Проведение испытаний

камеры выступало помещение проведения испытаний, где температура воздуха практически постоянна из-за условий эксплуатации. Таким образом, при соблю-

дении требований ГОСТ [30] по учету тепловой инерции испытываемой конструкции процесс теплопередачи через исследуемый фрагмент можно было считать стационарным.

Комплект приборного оборудования включал в себя:

- тепловизор FLIR E60 с матрицей 320x240 пикселей для термографирования поверхности исследуемого фрагмента;
- 10-тиканальный прибор ИТП-МГ4.03.10 «Поток» для измерения и регистрации температуры и плотности теплового потока для каждого испытания продолжительностью не менее 1 суток с интервалом 30 минут;
- термогигрометр ТГЦ-МГ4 для измерения параметров микроклимата в «холодном» отсеке климатической камеры;
- термогигрометр ТЕМП-3.2 для измерения параметров микроклимата в «теплом» отсеке климатической камеры;
- измеритель теплопроводности ИСП-МГ4 «ЗОНД» для измерения коэффициента теплопроводности материала;
- анемометр-термометр цифровой ИСП-МГ4.01 для измерения средней скорости воздушного потока [112].

Использованное в процессе проведения лабораторных испытаний оборудование прошло процедуру государственной поверки и имеет свидетельство о поверке.

Так как значения коэффициентов теплопроводности используемых материалов в реальных условиях могут отличаться от значений, приводимых в нормативной литературе, то предусматривалось определение свойств используемых материалов в условиях проведения испытаний. Исследование свойств газобетона проводилось в соответствии с ГОСТ 12730.2-78 «Бетоны. Метод определения влажности» [25]. Исследование свойств используемых теплоизоляционных материалов проводилось в соответствии с ГОСТ 17177-94 «Материалы строительные теплоизоляционные. Методы испытаний» [27]. Дополнительно определялись зна-

чения коэффициентов теплопроводности используемых материалов согласно ГОСТ 30254-94 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом» [32]. Физико-технические характеристики материалов при проведении лабораторных испытаний представлены в таблице 2.3 [112, 113].

Таблица 2.3 – Физико-технические характеристики материалов при проведении лабораторных испытаний

№	Наименование	$\rho_{\text{эксн}}$, кг/м ³	$\omega_{B,\text{эксн}}$, %	$\lambda_{\text{эксн}}$, Вт/(м·°C)
1	Автоклавный газоблок марки D500 $\lambda_A = 0,18$ Вт/(м·°C)	550	8,1	0,181
2	Лайнрок Венти Оптимал $\rho_o = 80 \div 100$ кг/м ³ ; $\lambda_A = 0,042$ Вт/(м·°C)	78	0,63	0,037

Экспериментальные значения коэффициентов теплопроводности показывают достоверную сходимость с расчетными значениями. Для последующего анализа приняты экспериментальные значения.

Известно, что высокая точность определения приведенного сопротивления теплопередаче достигается при наименьшей степени нестационарности процесса теплообмена. Длительный стационарный режим позволяет исключить погрешность, обусловленную температурной предысторией конструкций. По этой причине важным фактором при проведении экспериментальных исследований, влияющим на достоверность результатов, является время выдерживания конструкции под тепловой нагрузкой перед регистрацией измерений. За этот период времени изначальная нестационарность процесса теплообмена, обусловленная тепловой инерцией конструкции, будет компенсирована. Далее температурную предысторию конструкции можно не учитывать. В ГОСТ [30] регламентировано определение времени выдерживания фрагмента конструкции до наступления стационарного режима. В соответствии с этим, продолжительность лабораторного испытания фрагмента при исследовании каждого дефекта составило 7 суток.

Экспериментальное исследование осуществлялось бесконтактным и контактным способами. Бесконтактный способ предназначен для качественного ана-

лиза температурного поля поверхности конструкции, полученного термографированием. Контактный способ предназначен для количественной оценки теплозащиты исследуемой конструкции на основе регистрации в течении заданного промежутка времени температур и плотности теплового потока с последующим определением приведенного сопротивления теплопередаче.

Методика проведения лабораторных испытаний включает в себя следующие этапы, соответствующие требованиям ГОСТ [30], ГОСТ [31], ГОСТ 25380-82 [29]:

- 1) установка фрагмента ограждающей конструкции с заданными характеристиками на границе «теплого» и «холодного» отсеков климатической камеры;
- 2) установка предварительной температурной нагрузки на объект для регистрации температурного поля поверхности фрагмента;
- 3) анализ термограммы с целью определения площадей изотермических участков;
- 4) установка в изотермические зоны температурных датчиков и датчиков теплового потока;
- 5) установка по обе стороны фрагмента необходимого температурного режима;
- 6) регистрация значений исследуемых параметров;
 - 6.1) регистрация плотности теплового потока, проходящего через каждую изотермическую зону;
 - 6.2) регистрация температуры поверхности объекта в местах установки датчиков теплового потока;
 - 6.3) регистрация температуры воздуха «теплого» и «холодного» отсеков во время проведения испытаний с помощью датчиков температуры, которые устанавливались на расстоянии 0,1 м от обеих поверхностей фрагмента; регистрация данных происходила в автоматическом режиме с интервалом в 30 минут сроком не менее 1 суток;

7) вычисление значения приведенного сопротивления теплопередаче.

Согласно паспорту на прибор ИТМ-МГ4.03-10 «Поток» основная относительная погрешность при измерении теплового потока $\pm 6\%$, основная абсолютная погрешность при измерении температуры $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Согласно требованию ГОСТ [30] суммарная относительная погрешность определения сопротивления теплопередаче не должна превышать 15%. Для того чтобы относительная погрешность измерения сопротивления теплопередаче была $\leq 5\%$, согласно Приложению 3 [30] были определены диапазоны температур воздуха «холодного» отсека для каждого исследуемого фрагмента ограждающей конструкции [112, 115].

Дополнительно погрешность определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций определяется согласно формуле:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta_t)^2 + (\Delta_q)^2 + (\Delta_m)^2}, \quad (2.1)$$

где Δ – суммарная относительная погрешность определения сопротивления теплопередаче, %; Δ_t – относительная погрешность при измерении температуры, %; Δ_q – относительная погрешность при измерении плотности теплового потока, %; Δ_m – относительная методическая погрешность, %.

Согласно паспорту прибора ИТП-МГ4.03-10 «Поток» основная относительная погрешность при измерении температуры не превышает 1%; при измерении плотности теплового потока – не более 6%. Согласно МДС 23-1.2007 [81] относительная методическая погрешность определения сопротивления теплопередаче не превышает 3%. Суммарная относительная погрешность определения сопротивления теплопередаче не превышает 6,8 %. Требования ГОСТ [30] соблюдены [112].

Для проверки адекватности работы приборно-испытательного стенда согласно требованиям [30] был исследован контрольный фрагмент ограждающей конструкции с известным значением термического сопротивления теплопередаче ($R_K = 1,02 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), определенного по формуле 10 [121], и приведенного сопротивления теплопередаче ($R_O^{np} = 1,28 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$), определенного с учетом значений

коэффициентов теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей $\lambda_{ext} = 10,8$ Вт/м·°С, $\lambda_{int} = 8,7$ Вт/м·°С соответственно. Результаты вычислений по данным, полученным в ходе испытания контрольного фрагмента, составляют соответственно $R_{K,эксп} = 1,05$ м²·°С/Вт и $R_{O,эксп}^{np} = 1,21$ м²·°С/Вт. Достоверная сходимость результатов обосновывает адекватность работы приборно-испытательного стенда при проведении лабораторных испытаний.

Исследование влияния характерных дефектов на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции на каждом этапе проводилось в соответствии с методикой проведения лабораторных испытаний. Физико-технические характеристики материалов принимались согласно таблице 2.3.

На первом этапе объектом исследования является фрагмент с устройством НФС без наличия тарельчатых дюбелей с металлическим гвоздем и без наличия металлических кронштейнов для крепления направляющих.

Далее, на втором этапе, чтобы определить влияние одного тарельчатого дюбеля с металлическим гвоздем (далее просто «дюбель») в ранее испытываемый фрагмент были установлены 8 дюбелей (рисунок 2.8).

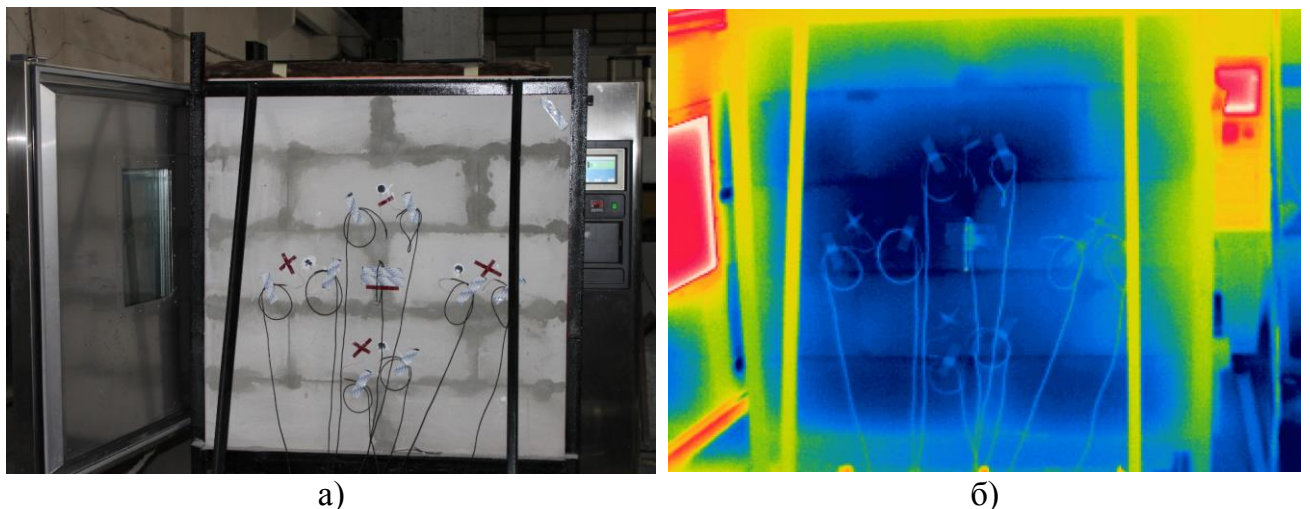


Рисунок 2.8 – Фрагмент ограждающей конструкции без дефектов с учетом влияния восьми дюбелей:

а) фотоизображение фрагмента конструкции; б) термограмма фрагмента конструкции

После этого на основании полученных результатов было определено влияние одного дюбеля на 1 м^2 исследуемого фрагмента, которое составило ($-1,8 \%$).

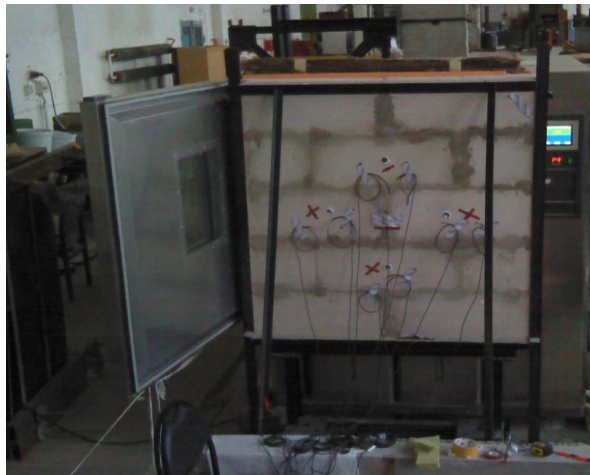
На третьем этапе моделировалось и исследовалось влияние дефекта отслоения теплозащитного слоя от основания. Размер дефекта был принят равным $0,01 \text{ м}$ (рисунок 2.9).

В дополнение к методике проведения испытаний при исследовании влияния данного дефекта были задействованы:

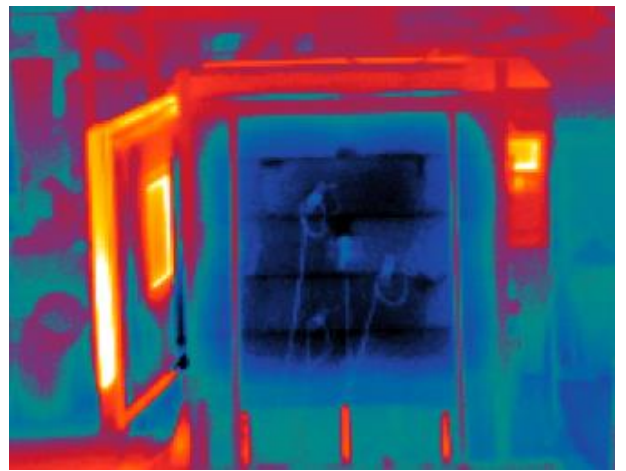
- дополнительный температурный датчик для определения температуры воздуха в отслоении и установленный на расстоянии $0,5h$ плиты утеплителя (рисунок 2.9, г);
- цифровой анемометр для определения средней скорости воздуха вблизи входа наружного воздуха в отслоение.

По результатам лабораторных испытаний температура воздуха в прослойке на расстоянии $0,5h$ от входа воздуха в прослойку равна ($-19,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Скорость воздуха вблизи наружной поверхности фрагмента у входа воздуха в прослойку равна ($0,88 \text{ м/с}$), что соответствует результатам ранее проведенных исследований по определению скорости воздуха в воздушном зазоре НФС [18, 46, 118].

На четвертом этапе испытывался фрагмент конструкции с учетом влияния восьми дюбелей и дефекта зазора в двух стыках плит утеплителя. Размер дефекта зазора каждого стыка был принят $0,01 \text{ м}$ (рисунок 2.10).



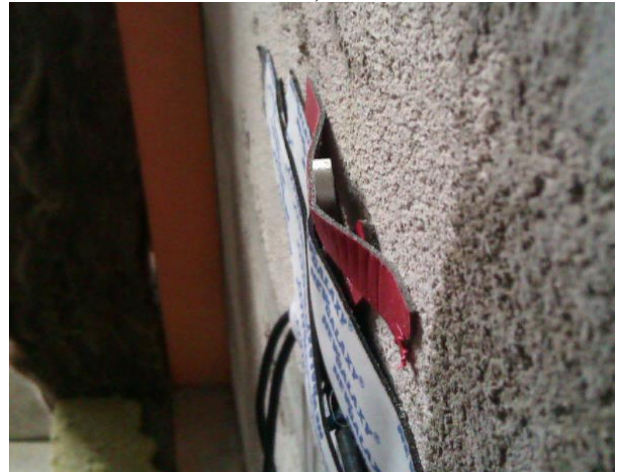
а)



б)

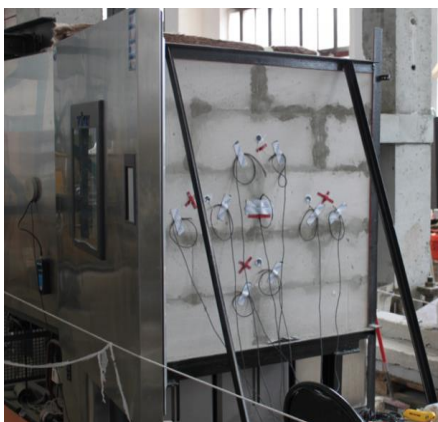


в)

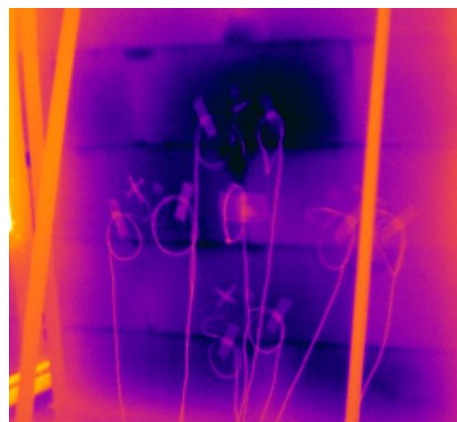


г)

Рисунок 2.9 – Фрагмент ограждающей конструкции с дефектом отслоения теплоизоляционного слоя от основания: а) фотоизображение фрагмента конструкции; б) термограмма фрагмента конструкции; в) фрагмент ограждающей конструкции; г) измерение $t, ^\circ\text{C}$ воздуха в отслоении



а)



б)



в)

Рисунок 2.10 – Фрагмент ограждающей конструкции с дефектом зазора в стыке плит утеплителя: а) фотоизображение фрагмента конструкции; б) термограмма фрагмента конструкции; в) фрагмент ограждающей конструкции

На пятом этапе испытывался фрагмент конструкции с учетом влияния шести дюбелей и двух металлических кронштейнов с отсутствием дефекта зазора в стыке кронштейна с плитой утеплителя, то есть с нулевым влиянием дефекта. Это было необходимо для того, чтобы на завершающем шестом этапе исследования существовала возможность определения влияния дефекта зазора в стыке кронштейна с плитой утеплителя. Размер дефекта зазора в стыке на шестом этапе был принят равным 0,015 м (рисунок 2.11).

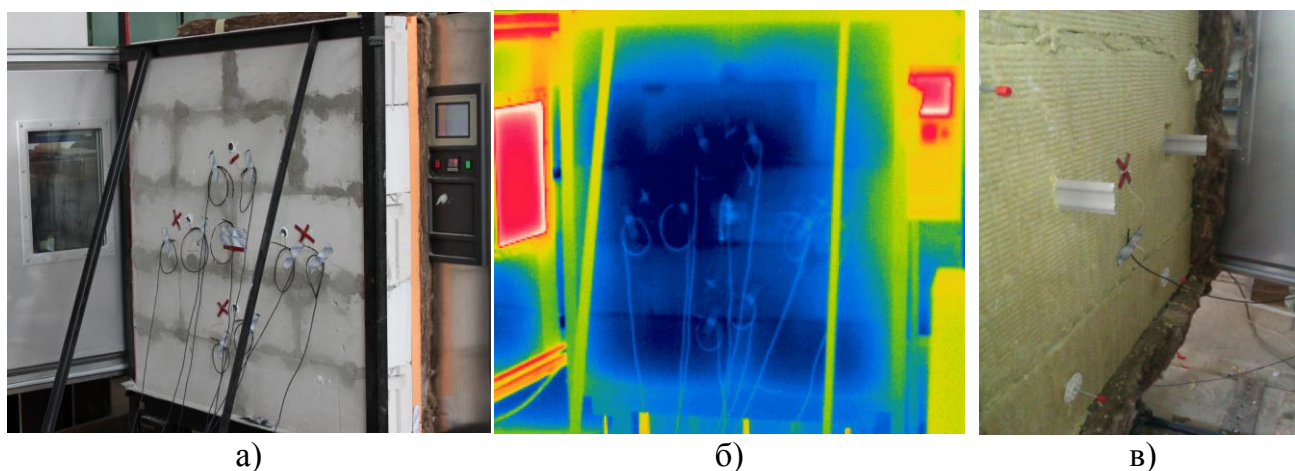


Рисунок 2.11 – Фрагмент ограждающей конструкции с дефектом зазора в стыке кронштейна с плитой утеплителя:

а) фотоизображение фрагмента конструкции; б) термограмма фрагмента конструкции; в) фрагмент ограждающей конструкции

Для определения влияния каждого дефекта на приведенное сопротивление теплопередаче 1 м^2 исследуемого фрагмента, полученный результат сравнивался с уровнем теплозащиты аналогичного, но бездефектного фрагмента конструкции. Так, результат, полученный на четвертом этапе исследования, сравнивался с результатом, полученным на втором этапе исследования; результат шестого этапа – с результатом пятого этапа.

Значение коэффициента тепловосприятости внутренней поверхности фрагмента (α_{int} Вт/м $\cdot$ °C) принималось согласно таблицы 7 [129]; значение коэффициента теплоотдачи наружной поверхности фрагмента (α_{ext} Вт/м $\cdot$ °C) принималось согласно п.9.1.2 [121].

Результаты исследования количественного влияния, проведенного в соответствии с методикой лабораторных испытаний, характерных дефектов при устройстве НФС на уровень теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции, приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты лабораторных испытаний

№ этапа	Объект исследования	$\bar{t}_{ext}, ^\circ\text{C}$	$\bar{t}_{int}, ^\circ\text{C}$	$R_{O}^{np \text{ эксп}}$ ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт
1	ФОК* (кладка газобетонных блоков на клею + тепло-изоляционный слой)	–30,0	30,1	3,77
2	ФОК + 8 дюбелей	–29,9	30,3	3,24
3	ФОК + 8 дюбелей + отслоение (0,01мм) плит утеплителя от основания	–30,0	28,4	1,56
4	ФОК + 8 дюбелей + 2 зазора в стыке плит утеплителя (0,01 м)	–30,0	29,9	2,26
5	ФОК + 6 дюбелей + 2 кронштейна (0,00 м)	–29,8	30,1	3,17
6	ФОК + 6 дюбелей + 1 кронштейн (0,00 м) + зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя (0,015 м)	–28,9	30,5	3,08

(*) – Фрагмент ограждающей конструкции

Анализ результатов проведенных лабораторных испытаний установил, что количественное влияние зазора ($t = 0,01$ м) в стыке плит утеплителя на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции с НФС составило (–15,0 %); влияние зазора ($t = 0,015$ м) в стыке кронштейна с плитой утеплителя составило (–2,9 %); влияние отслоения ($t = 0,01$ м) плит утеплителя от основания при скорости воздуха вблизи входа воздуха в прослойку 0,88 м/с и температуре воздуха в прослойке (–19,6 °C) составило (–51,9 %) [113].

2.3 Компьютерное имитационное моделирование процесса теплообмена при оценке влияния дефектов строительных работ на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции с устройством навесной фасадной системы

Для теплотехнически неоднородных ограждающих конструкций представляет интерес двухмерный и трехмерный расчет температурных полей, так как однородное распределение температур не отражает реального распределения температур в конструкции.

В общем случае температурное распределение наружных ограждающих конструкций наружных базируется на системе дифференциальных уравнений

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{x,i} \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_{y,i} \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_{z,i} \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q_i - c_i \gamma_0 \frac{\partial T_i}{\partial t}, \quad (2.2)$$

где T – температура, °C; t – время, с; i – количество зон исследуемого участка с различными коэффициентами теплопроводности; $\lambda_{(x,y,z)i}$ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C); γ_0 – плотность материала, кг/м³; q_i – удельная мощность тепловыделения, Вт/м².

Применяемые в настоящее время компьютерные программы для математического моделирования процесса теплопередачи позволяют моделировать в двухмерном и трехмерном пространствах температурное распределение в конструкциях различной сложности. Общее решение сводится к определению температур в узлах сетки, на которую программа разбивает конструкцию. В большинстве случаев допустимо рассмотрение только двухмерных температурных полей. Снижение достоверности в данном случае незначительно [132].

Наиболее распространенной и положительно себя зарекомендовавшей является программа моделирования двухмерных температурных полей «ELCUT» [83]. Выбор двухмерной программы связан с наглядностью и удобством задания теплофизических характеристик составляющих конструкции и их геометрии [112].

Основой программы «ELCUT» является метод конечных элементов, который позволяет моделировать стационарные и нестационарные условия распределения температурных полей в двухмерном режиме в плоском и осесимметричном представлениях с заданием граничных условий (заданная температура, заданный тепловой поток, заданные условия радиационного теплообмена, заданные условия конвективного теплообмена).

Формирование математической модели в программе «ELCUT» происходит в следующей последовательности: построение геометрических объектов-схем; назначение свойств; назначение граничных условий; создание сетки конечных элементов; расчет.

Результатами расчета программы являются рассчитанные значения температур в узлах сетки конечных элементов и величина мощности теплового потока. По вычисленным значениям температур выстраиваются изолинии температурных полей. Дальнейшее определение приведенного сопротивления теплопередаче по полученным результатам позволяет количественно оценить уровень теплозащиты исследуемой конструкции.

Математическое моделирование в программе «ELCUT» версии 5.10.1 фрагмента ограждающей конструкции осуществлялось при обязательном соблюдении следующих условий:

- геометрические размеры тождественны размерам фрагмента, исследуемого в лабораторном эксперименте;
- физико-технические характеристики принимаются аналогичными характеристикам исследуемого в лабораторном эксперименте фрагмента;
- граничные условия для моделируемого фрагмента принимаются аналогичными граничным условиям, при которых определялось приведенное сопротивление теплопередаче в проводимых согласно требованиям ГОСТ [30] лабораторных исследованиях [112].

Приведенное сопротивление теплопередаче определялось по формуле:

$$R_o^{np} = \frac{\Delta t}{(\int_A q dA) / A}, \quad (2.3)$$

где Δt – температурный напор, °C; A – площадь фрагмента ограждающей конструкции, м²; $\int_A q dA$ – осредненный по площади фрагмента поток теплоты, Вт/м².

Влияние наличия дюбеля или кронштейна на теплотехническую однородность фрагмента учитывалось домножением на коэффициент влияния соответствующего теплопроводного включения. Так, определенные в программе «ELCUT» коэффициенты влияния одного дюбеля и одного кронштейна, с учетом заданных характеристик фрагмента ограждающей конструкции, равны соответственно $k_D = 0,983$, $k_{KP} = 0,932$.

При моделировании влияния дефекта отслоения теплоизоляционного слоя от несущего основания необходимо было задать температуру воздуха в прослойке и коэффициент теплообмена в отслоении.

Для определения коэффициента теплообмена в отслоении была использована методика К.Ф. Фокина [142]. Коэффициент теплообмена в отслоении определяется суммой конвективной и лучистой составляющих теплообмена:

$$\alpha_{np} = \alpha_K + \alpha_L.$$

Конвективная составляющая теплообмена, характеризующая величину отдачи теплоты естественной конвекцией – α_K – определяется в зависимости от скорости воздуха по формуле Франка:

$$\alpha_K = 7,34v^{0,656} + 3,78e^{-1,91v}, \quad (2.4)$$

где v – скорость воздуха в прослойке, м/с; e – основание натуральных логарифмов, ($e = 2,718$).

Лучистая составляющая теплообмена определяется по закону лучистого теплообмена Стефана-Больцмана:

$$\alpha_{\lambda} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \frac{\left[\frac{t_1 + 273}{100} \right]^4 - \left[\frac{t_2 + 273}{100} \right]^4}{t_1 - t_2}, \quad (2.5)$$

где C_1, C_2 – коэффициенты излучения поверхностей, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$; C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$; t_1, t_2 – температуры поверхностей, $^{\circ}\text{С}$.

Для определения температуры воздуха в прослойке использовалась методика расчета проф. В.Д. Мачинского [75]. Движение воздуха в отслоении может возникать из-за действия теплового напора или из-за воздействия напора ветра. Количество воздуха, проходящего через отслоение шириной 1 м, определяется формулой:

$$W = 3600v\delta\gamma, \quad (2.6)$$

где v – скорость воздуха в прослойке, м/с ; δ – толщина отслоения, м ; γ – плотность воздуха, кг/м^3 ;

Температура воздуха в отслоении на расстоянии x м от входа воздуха в отслоение определяется формулой:

$$t_x = \frac{A + [t_0(k_B + k_H) - A] \cdot e^{\frac{k_B + k_H}{Wc}}}{k_B + k_H}, \quad (2.7)$$

где t_0 – температура воздуха, входящего в отслоение, $^{\circ}\text{С}$; e – основание натуральных логарифмов, ($e = 2,718$); W – количество воздуха, проходящего через отслоение шириной 1 м, кг/ч ; c – удельная теплоемкость воздуха, $\text{кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{С}$; k_B – коэффициент теплопередачи части ограждения от внутреннего воздуха до воздуха в отслоении, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С}$; k_H – коэффициент теплопередачи части ограждения от воздуха в отслоении до наружного воздуха, $\text{Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С}$;

$A = k_B \cdot t_{\text{int}} + k_H \cdot t_{\text{ext}}$, Вт/м^2 ; t_{int} – температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{С}$; t_{ext} – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{С}$;

Ширина входа воздуха в прослойку принималась равной 0,002 м, согласно допускам технических свидетельств НФС. Температура воздуха в отслоении и скорость воздуха в отслоении определялись итерационно до тех пор пока значения температуры воздуха в отслоении, полученные расчетным путем и в ходе

проведения лабораторного эксперимента, не дали достоверного согласования. На первом шаге итерации скорость воздуха в отслоении была принята равной 0,05 м/с, которая более чем на порядок меньше скорости движения воздуха вблизи входа в отслоение. В результате расчета скорость движения воздуха в отслоении равна 0,075 м/с.

Геометрическая схема фрагмента, сетка конечных элементов, температурное поля сечения фрагмента ограждающей конструкции при моделировании каждого характерного дефекта приведены на рисунке 2.12.

Результаты компьютерного имитационного моделирования процесса теплообмена при оценке влияния характерных дефектов строительных работ при устройстве НФС приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты компьютерного имитационного моделирования при определении уровня теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции

№ этапа	Объект исследования	$t_{ext}, ^\circ\text{C}$	$t_{int}, ^\circ\text{C}$	$R_{O}^{np} ELCUT, (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
1	ФОК + 8 дюбелей	-29,9	30,3	3,39
2	ФОК + 8 дюбелей + отслоение (0,01 м) плит утеплителя от основания	-30,0	28,4	1,58
3	ФОК + 8 дюбелей + 2 зазора в стыке плит утеплителя (0,01 м)	-30,0	29,9	2,41
4	ФОК + 6 дюбелей + 2 кронштейна (0,00 м)	-29,8	30,1	3,20
5	ФОК + 6 дюбелей + 1 кронштейн (0,00 м) + зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя (0,015 м)	-28,9	30,5	3,10

Анализ результатов компьютерного имитационного моделирования установил, что количественное влияние зазора ($t = 0,01$ м) в стыке плит утеплителя на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции с НФС составило (–14,5 %); влияние зазора ($t = 0,015$ м) в стыке кронштейна с плитой утеплителя составило (–3,1 %); влияние отслоения ($t = 0,01$ м) плит утеплителя от основания составило (–53,4 %) [113].

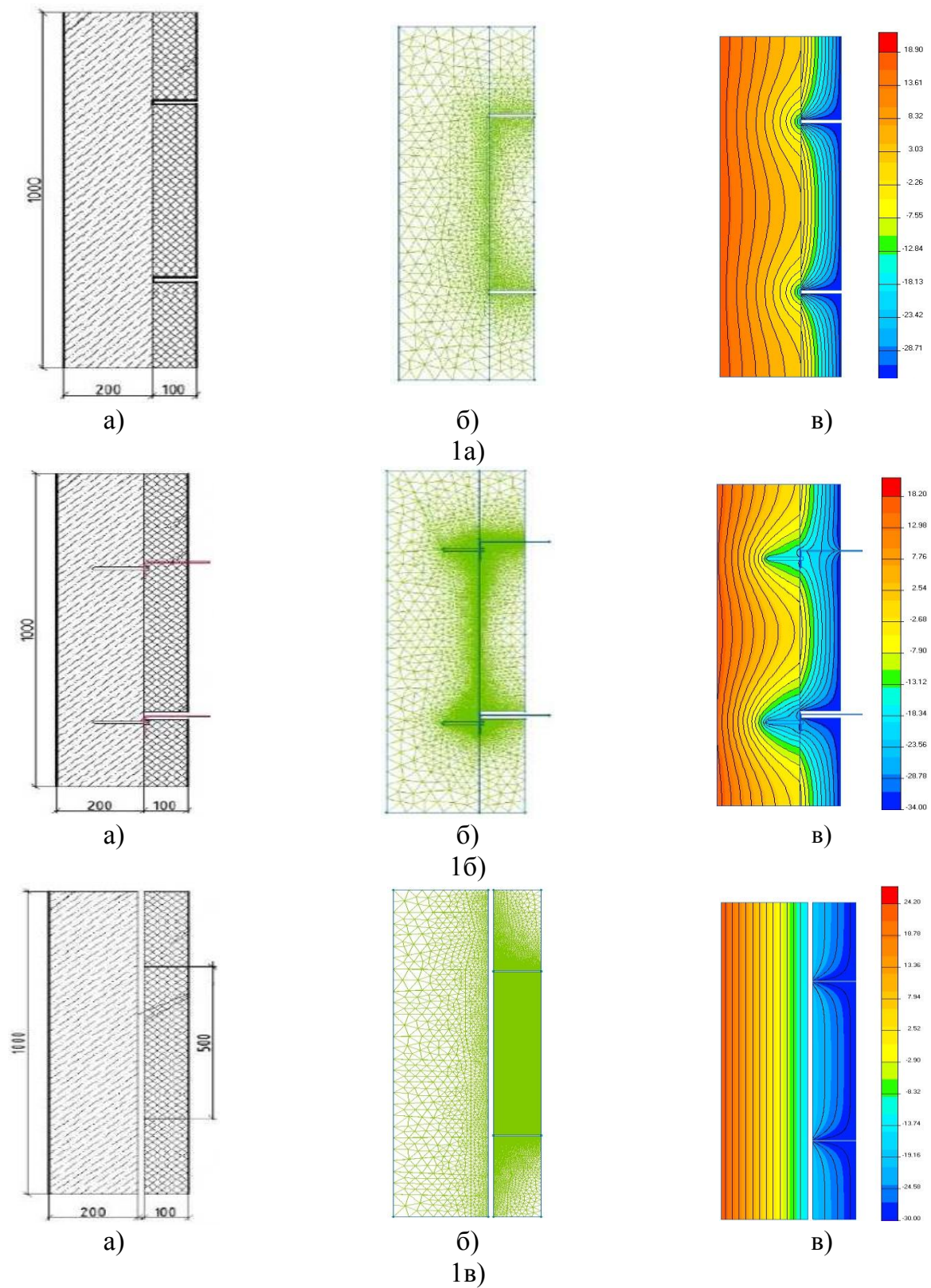


Рисунок 2.12 – Дефекты устройства наружной теплоизоляции:
 1а) зазор в стыке плит утеплителя; 1б) зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; 1в) отслоение плит утеплителя от основания; а) геометрическая схема фрагмента; б) сетка конечных элементов; в) температурное поле сечения фрагмента

Результаты определения уровня теплозащиты 1 м² фрагмента ограждающей конструкции согласно данным, полученным в лабораторных испытаниях и при компьютерном имитационном моделировании в программе «ELCUT», представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Обобщенные результаты определения уровня теплозащиты 1 м² фрагмента ограждающей конструкции при оценке влияния дефектов теплозащиты

№	Объект исследования	$R_{O\text{ эксп}}^{np}$ (м ² ·°C)/Вт	$R_{O\text{ ELCUT}}^{np}$ (м ² ·°C)/Вт	Расхождение, %
1	ФОК + 8 дюбелей	3,24	3,39	4,63
2	ФОК + 8 дюбелей + отслоение плит утеплителя от основания	1,56	1,58	1,30
3	ФОК + 8 дюбелей + 2 зазора в стыке плит утеплителя	2,26	2,41	6,64
4	ФОК + 6 дюбелей + 2 кронштейна	3,17	3,20	0,95
5	ФОК + 6 дюбелей + 1 кронштейн + зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя	3,08	3,10	0,65

Максимальное значение расхождения результатов лабораторных испытаний 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 [81] Таким образом, можно сделать вывод о достоверном согласовании результатов и об адекватности использованных компьютерных имитационных моделей.

Выводы по главе 2

1. В результате производственных исследований были установлены основные дефекты теплозащиты при устройстве НФС: 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 %.

2. Анализ результатов проведенных лабораторных испытаний установил, что количественное влияние зазора ($t = 0,01$ м) в стыке плит утеплителя на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции с НФС составило (–15,0 %); влияние зазора ($t = 0,015$ м) в стыке кронштейна с плитой утеплителя – (–2,9 %); влияние отслоения ($t = 0,01$ м) плит утеплителя от основания при скорости воздуха вблизи входа воздуха в прослойку 0,88 м/с и температуре воздуха в прослойке (–19,6 °C) составило (–51,9 %).

3. Анализ результатов компьютерного имитационного моделирования установил, что количественное влияние зазора ($t = 0,01$ м) в стыке плит утеплителя на теплозащитные свойства фрагмента ограждающей конструкции с НФС составило (–14,5 %); влияние зазора ($t = 0,015$ м) в стыке кронштейна с плитой утеплителя составило (–3,1 %); влияние отслоения ($t = 0,01$ м) плит утеплителя от основания составило (–53,4 %).

4. 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 позволяет сделать вывод о их достоверном согласовании и об адекватности использованных компьютерных имитационных моделей.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

3.1 Методика исследования влияния дефектов строительных работ на уровень теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции с устройством НФС с использованием программы «ELCUT»

В настоящее время для определения теплозащитных свойств применяется компьютерное имитационное моделирование теплового режима наружных ограждающих конструкций. Специализированные программные продукты позволяют с высокой степенью точности моделировать температурные поля конструкций различной сложности. Анализ температурных полей позволяет определить соответствие или несоответствие исследуемой конструкции санитарно-гигиеническим и поэтажным требованиям СНиП [129].

Аналізу температурных полей наружных ограждающих конструкций посвящены работы В.Г. Гагарина [17], Н.С. Гурьянова [47], С.В. Корниенко [56, 57], П.В. Монастырева [84], Ю.А. Табунщикова [132], К.Ф. Фокина [142] и др. До настоящего времени расчет температурных полей производился на этапе проектирования для учета влияния различных теплопроводных включений и конструктивных особенностей на теплотехническую однородность конструкции. Влияние дефектов теплозащиты, возникающих на этапе производства строительных работ, на теплотехническую однородность реальной конструкции оставалось неопределенным. Проведенные исследования доказали адекватность использования компьютерного имитационного моделирования, а именно программы «ELCUT», для исследования влияния дефектов строительных работ на уровень теплозащиты.

Был проведен математический эксперимент с использованием программы «ELCUT» для исследования влияния дефектов устройства НФС на уровень тепло-

защиты 1 м^2 фрагмента стеновой ограждающей конструкции, с количественной оценкой влияния каждого характерного дефекта.

Исходными данными являются: расчетная температура наружного воздуха ($t_{ext}, ^\circ\text{C}$) принимается согласно СНиП [129] для климатических условий строительства; расчетная температура внутреннего воздуха ($t_{int}, ^\circ\text{C}$) принимается согласно ГОСТ 30494-96 [33].

Построение геометрической схемы фрагмента ограждающей конструкции определяется моделируемым дефектом, конструктивными особенностями и теплопроводными включениями исследуемого фрагмента.

Теплофизические характеристики слоев конструкции принимались согласно приложения Д [121].

Граничные условия принимались согласно требованиям нормативных документов: коэффициент тепловосприятости ($\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$) согласно таблице 7 [129]; коэффициент теплоотдачи ($\alpha_{ext} = 10,8 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$) согласно п. 9.1.2 [121].

По полученным результатам расчета температурного поля и мощности теплового потока определялось приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента с учетом влияния каждого дефекта и без него по формуле:

$$R_O^{np} = \frac{\Delta t}{q}, \quad (3.1)$$

где Δt – температурный напор, $^\circ\text{C}$; q – осредненный по площади фрагмента поток теплоты, Вт/м^2 .

При замене реального фрагмента ограждающей конструкции с НФС математической моделью было принято допущение об отказе внесения в геометрическую схему фрагмента таких факторов как геометрические, теплофизические характеристики и качество устройства: кляммеров, направляющих, воздушного зазора, защитно-декоративного экрана. Влияние указанные факторов было ранее изучено в работах [15, 51, 60, 84, 105, 138] и в настоящем исследовании не учитывалось. Также не рассматривались такие факторы, как толщина и коэффициент

теплопроводности терморазрыва, размер основания кронштейна, т.к. в работе [84] установлено их незначительное влияние на теплозащитные свойства наружных стен [113].

Ранее, в главе 2, в ходе изучения нарушений технологии устройства НФС были определены основные дефекты теплозащиты: зазор в стыке плит утеплителя; зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; отслоение плит утеплителя от основания; отступление от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания, теплоизоляционного слоя, кронштейна, а также материала заполнения деформационного шва между основанием и плитой перекрытия; отступление от проектного значения толщины основания, теплоизоляционного слоя, кронштейна; зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия [113].

Количественное определение уровней факторов, характеризующих степень влияния на теплозащитные свойства фрагмента, осуществлялось анализом требований нормативных документов, предыдущих научных исследований, технических свидетельств применяемых НФС, а также по результатам многочисленных натурных обмеров при производстве работ и проверок Госстройнадзора объектов гражданского строительства Челябинской области [113].

В предположении, что основание может быть выполнено из материала, объемный вес которого не менее 600 кг/м^3 (согласно требованиям технических свидетельств НФС) толщина основания варьировалась от 0,12 до 0,64 м [84, 121, 122], а коэффициент теплопроводности варьировался от 0,12 до 2,05 Вт/м·°С [78, 84, 121, 122, 142].

Толщина теплоизоляционного слоя изменялась от 0,04 до 0,25 м [54, 84, 142] в предположении, что могут применяться минераловатные плиты с волокном из каменного литья или стекловолокна, коэффициент теплопроводности которых от 0,032 до 0,09 Вт/м·°С [78, 84, 121, 122, 142].

Коэффициент теплопроводности кронштейнов варьировался от 58 до 221 Вт/м·°С [84, 121, 122] в предположении, что материал кронштейнов – это оцинкованная сталь или алюминий. Толщина стенки кронштейна изменялась из конструктивных соображений от 0,0012 до 0,005 м [54, 84].

В ходе производственных исследований установлено, что отслоение плит утеплителя от основания варьируется от 0 до 0,01 м для изучения исчерпывающего пространства влияния фактора. Величина отслоения утеплителя от основания зависит от: качества поверхности основания, конструктивных особенностей узла крепления кронштейна, качества устройства теплоизоляционного слоя.

В ходе производственных исследований установлено, что зазор в стыке плит утеплителя изменяется от 0 до 0,01 м; зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя – от 0 до 0,015 м; зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия – от 0 до 0,05 м – для изучения исчерпывающего пространства влияния факторов.

В таблице 3.1 приведены исследуемые факторы (дефекты) и кодированными значениями уровней факторов. Факторы варьируются на уровнях (–1) и (+1) [113].

При определении влияния факторов отклонений от технологических допусков при производстве работ (X_1, X_2, X_3, X_{10}) на теплозащиту фрагмента исследуемый фактор варьировался от минимального до максимального значения, остальные факторы отклонений от технологических допусков принимались на минимальном уровне, а факторы отклонений от требуемых параметров материалов ($X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{11}$) принимались на среднем уровне.

При определении влияния факторов отклонений от требуемых параметров материалов на теплозащиту фрагмента отклонений от технологических допусков при производстве работ принимались на минимальном уровне, исследуемый фактор варьировался от минимального до максимального значения, остальные факто-

ры отклонений от требуемых параметров материалов принимались на среднем уровне.

В качестве исследуемого параметра было принято значение приведенного сопротивления теплопередаче, как основной характеристики теплозащиты.

При варьировании значений исследуемых факторов от минимального значения до максимального уровень теплозащиты фрагмента изменялся от (–65,2 %) до (+286,2 %) [113].

Таблица 3.1 – Исследуемые факторы и уровни варьирования

Обозн. фактора	Наименование фактора	Натуральное значение фактора, соответствующее уровню варьирования		
		min. (–1)	av.	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·°С	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·°С	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·°С	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·°С	0,035	-	0,93

Наиболее существенное «положительное» влияние оказывает толщина теплоизоляционного слоя (+286,2 %) (рисунок 3.1). Существенное влияние оказал и коэффициент теплопроводности утеплителя (–57,5 %). Установлено, что при

увеличении теплозащитных характеристик теплоизоляционного слоя влияние дефектов теплозащиты возрастает. Значительное влияние на уровень теплозащиты оказал коэффициент теплопроводности основания (–51,9 %); существенно меньшее количественное влияние оказала величина толщины основания (+17,7 %) [113].

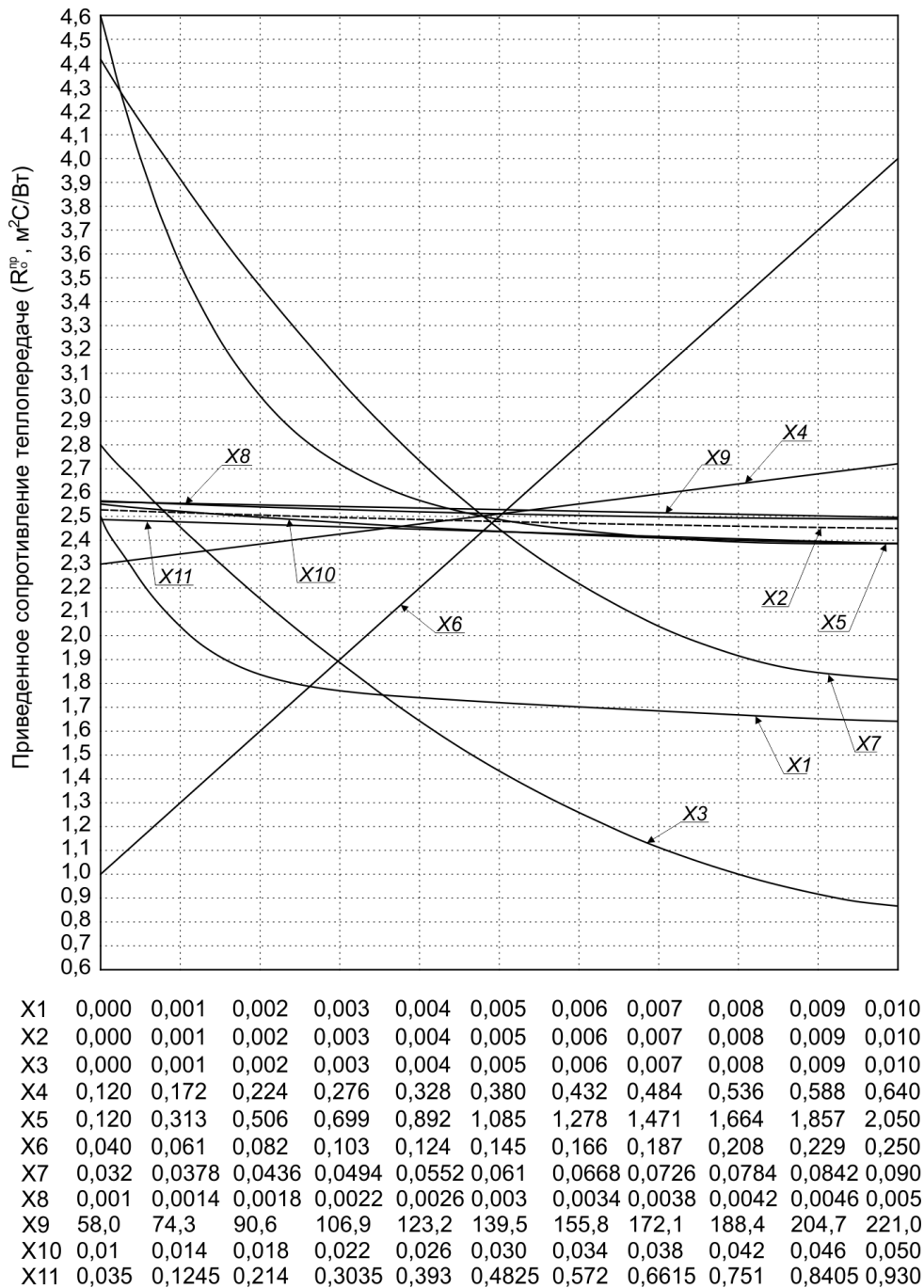


Рисунок 3.1 – Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче стеновой ограждающей конструкции от факторов $X_1 - X_{11}$.

Наиболее существенное «отрицательное» влияние оказал фактор отслоения теплоизоляционного слоя от основания ($-65,2\%$). При проведении исследования была принята скорость движения воздуха в отслоении $0,05$ м/с, которая в $1,5$ раза меньше скорости движения воздуха в отслоении при проведении лабораторных испытаний. Таким образом, даже столь малое значение величины скорости движения воздуха в отслоении оказывает существенное влияние на теплозащитные свойства стеновых ограждающих конструкций. Фактор зазора в стыке плит утеплителя оказал влияние на теплозащиту фрагмента ($-34,5\%$) в рассмотренном интервале значений.

Более «слабое» влияние на теплозащитные свойства фрагмента оказали факторы X_2 ($-3,3\%$); X_8 ($-2,7\%$); X_9 ($-3,0\%$); X_{10} ($-6,6\%$); X_{11} ($-3,6\%$). Тем не менее, малое количественное влияние факторов X_2 и X_{10} не относит данные факторы к незначительным. При отслоении теплоизоляционного слоя от основания наличие данных факторов является одним из необходимых условий для «негативного» влияния фактора отслоения теплоизоляционного слоя от основания. Фактор X_{11} оказывает незначительное влияние на теплозащитные свойства и в дальнейшем исследовании не рассматривался.

Анализ результатов исследования влияния рассмотренных факторов на уровень теплозащиты показал, что количественные оценки влияния каждого фактора значительно разнятся. Однако, совместное влияние факторов не определено. Для снятия данной неопределенности необходимо количественно оценить вклад каждого фактора в теплотехническую однородность конструкции с выбором наиболее значимых факторов [113].

3.2 Построение плана математического эксперимента для определения совместного влияния факторов на теплозащиту глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС

Как было определено в п. 3.1 на теплозащитные свойства стеновых ограждающих конструкций с НФС оказывают влияние рассмотренные факторы, совместное действие которых подлежит определению.

Данная цель была реализована с применением статистических методов и проведением эксперимента по специальному плану. В качестве отклика была принята величина коэффициента влияния дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты наружных стен [113].

В общем случае эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, называется *полным факторным экспериментом*. При двухуровневых факторах число опытов полного факторного эксперимента определяется формулой:

$$N = 2^l, \quad (3.2)$$

где l – число факторов; 2 – число уровней факторов.

При проведении расчетного эксперимента возникает необходимость соблюдения условий: максимально упростить процесс исследования сокращением числа проводимых опытов, что возможно при минимальном количестве исследуемых факторов; достичь максимальной информативности исследуемого процесса, что, в свою очередь, требует учета каждого существенного фактора.

Так как, число факторов велико и в разной степени оказывает влияние на функцию отклика, то целью первого этапа исследования для рассматриваемой многофакторной задачи является «отсеивание» незначимых факторов с помощью специальных планов. Сократив число факторов, можно приступить к детальному изучению исследуемого процесса. Используя ограниченное число факторов, а, следовательно, меньшее число опытов, на втором этапе исследования целесооб-

разно провести полный факторный эксперимент для адекватного описания области исследования.

Наиболее рациональным решением с учетом отсутствия проведения параллельных опытов в каждой точке факторного пространства (в каждой точке проводится один эксперимент по определению влияния на уровень теплозащиты) является планирование отсеивающего эксперимента с использованием планов Плакетта-Бермана. Эти планы расширили класс насыщенных ортогональных D-оптимальных планов эксперимента за счет конструирования специальных матриц плана. Число опытов в этих матрицах кратно четырем ($N=4k$), с их помощью можно исследовать влияние $(4k-1)$ факторов. Так как данным планам присуще свойство ортогональности, то линейные эффекты факторов определяются независимо друг от друга с максимально возможной при данном числе опытов точностью, одинаковой для всех эффектов, что, в свою очередь, важно при проведении отсеивающих экспериментов [3, 143, 113].

Эксперимент проводился для глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС (рисунок 3.2, а).

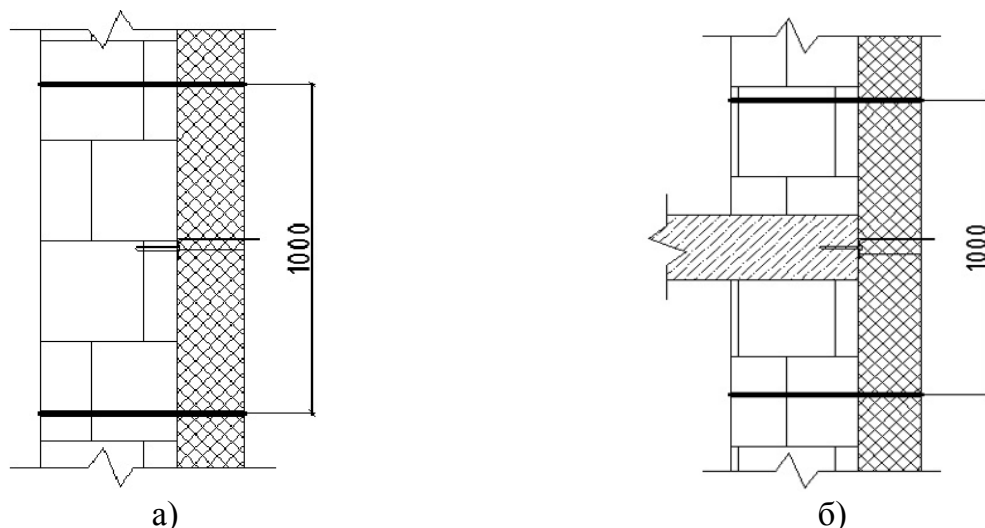


Рисунок 3.2 – Фрагмент стеновой ограждающей конструкции с НФС:
а) схема фрагмента глухого участка; б) схема фрагмента участка в зоне плиты перекрытия

В таблице 3.2 приведены рассматриваемые факторы с кодированными значениями уровней факторов. Факторы варьируются на уровнях (-1) и $(+1)$ [113].

Построение матрицы плана осуществлялось с учетом положений, изложенных в [143]. Исходя из заданной первой строки плана для числа опытов ($N=12$), вторую и последующие строки матрицы получают сдвигом всех элементов предшествующей строки на одну позицию влево и перестановкой первого элемента на последнюю позицию. Данный процесс повторялся ($N-2$) раз. Последняя строка матрицы плана состоит только из элементов (-1) . Размерность матрицы плана $N(N-1)$, т.е. 12×11 .

Таблица 3.2 – Исследуемые факторы и кодированные уровни варьирования

Обозн. фактора	Наименование фактора	Натуральное значение фактора, соответствующее уровню варьирования	
		(-1)	(+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	0,64
X_5	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания, Вт/м·°C	0,12	2,05
X_6	Отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя, м	0,04	0,25
X_7	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, Вт/м·°C	0,032	0,09
X_8	Отклонение от проектного значения толщины кронштейна, м	0,0012	0,005
X_9	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала кронштейна, Вт/м·°C	58	221
X_{10}	<i>Фиктивный фактор</i>	-	-
X_{11}	<i>Фиктивный фактор</i>	-	-

Матрица плана и результаты определения коэффициента совместного влияния факторов, полученные с помощью программы «ELCUT», представлены в таблице 3.3.

После реализации отсеивающего плана эксперимента проводилась статистическая обработка результатов, включающая расчет эффектов каждого фактора и проверку значимости факторов.

Таблица 3.3 – Матрица плана Плаккетта-Бермана и результаты определения совместного влияния факторов на теплозащиту глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	$y_j(k_j)$
1	+	+	–	+	+	+	–	–	–	+	–	0,33820
2	+	–	+	+	+	–	–	–	+	–	+	0,54509
3	–	+	+	+	–	–	–	+	–	+	+	0,80567
4	+	+	+	–	–	–	+	–	+	+	–	0,90653
5	+	+	–	–	–	+	–	+	+	–	+	0,58369
6	+	–	–	–	+	–	+	+	–	+	+	0,91150
7	–	–	–	+	–	+	+	–	+	+	+	1,00000
8	–	–	+	–	+	+	–	+	+	+	–	0,11009
9	–	+	–	+	+	–	+	+	+	–	–	0,99721
10	+	–	+	+	–	+	+	+	–	–	–	0,71595
11	–	+	+	–	+	+	+	–	–	–	+	0,25961
12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00000

Планы, отвечающие условию ортогональности, позволяют оценку эффектов факторов определять по формуле:

$$\hat{B}_i = \frac{\sum_{j=1}^N \tilde{y}_j \cdot x_{ij}}{N/2}, \quad (3.3)$$

где $\hat{B}_i$ – оценка эффекта i -го фактора; $\tilde{y}_j$ – значение параметра оптимизации; N – число опытов; j – номер опыта в плане эксперимента; i – номер фактора; x_{ij} – значение i -го фактора в j -ом опыте.

Коэффициенты, учитывающие эффекты факторов, определялись по формуле:

$$\hat{a}_i = \frac{\hat{B}_i}{2}, \quad (3.4)$$

где $\hat{a}_i$ – коэффициент, учитывающий эффект i -го фактора; $\hat{B}_i$ – оценка эффекта i -го фактора.

Для определения значимости факторов используется t -критерий Стьюдента с проверкой выполнения условия:

$$|\hat{a}_i| \geq t_{kp} \cdot S_i, \quad (3.5)$$

где $|\hat{a}_i|$ – абсолютная величина коэффициента значимости i -го фактора; $t_{kp} = t_{\alpha, f}$ – критерий Стьюдента, принимаемый в зависимости от уровня значимости (α) и

числа степеней свободы (f) при определении дисперсии опыта согласно [143]; $S_i = \sqrt{S_i^2}$, S_i^2 – дисперсия оценок коэффициентов.

Если условие (3.5) не выполнялось, то соответствующий фактор не оказывал существенного влияния на величину отклика.

Дисперсия ошибок наблюдений в данном случае оценивается посредством добавления в план фиктивных факторов от X_{l+1} до X_{N-1} . Эффекты данных факторов нулевые в случае отсутствия взаимодействий и максимально точных измерений. Так как в реальном рассмотрении процесса данные условия невыполнимы, то использование фиктивных факторов оправдано для оценки дисперсии наблюдений, которая определяется через дисперсию оценок коэффициентов с помощью параметра S_l^2 по формуле:

$$S_i^2 = S_l^2 / 4k \quad (3.6)$$

$$S_l^2 = 4k(\hat{a}_{l+1}^2 + \hat{a}_{l+2}^2 + \dots + \hat{a}_{N-1}^2) / (4k - l - 1), \quad (3.7)$$

где $\hat{a}_{l+1}^2 + \hat{a}_{l+2}^2 + \dots + \hat{a}_{N-1}^2$ – сумма квадратов произведений коэффициентов фиктивных факторов; l – количество действительных факторов.

Статистическая обработка результатов отсеивающего эксперимента проводилась по формулам (3.3) – (3.7).

$$\begin{aligned} S_l^2 &= 4 \cdot k(\hat{a}_{10}^2 + \hat{a}_{11}^2) / (4k - l - 1) = \\ &= 4 \cdot 3(0,000006068 + 0,00000980733) / (4 \cdot 3 - 9 - 1) = 0,00010. \\ S_i^2 &= S_l^2 / 4k = 0,00010 / 4 \cdot 3 = 0,00001. \end{aligned}$$

Уровень значимости был принят $\alpha = 0,05$, число степеней свободы $f = 4k - l - 1 = 4 \cdot 3 - 9 - 1 = 2$. Согласно [143]: $t_{kp} = t_{\alpha, f} = t_{0,05, 2} = 4,30300$.

$$|\hat{a}_i| \geq t_{kp} \cdot S_i = 4,30300 \cdot 0,00282 = 0,01212.$$

В таблице 3.4 представлены результаты проверки значимости факторов.

Таблица 3.4 – Результаты проверки значимости факторов для глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС

Обозн. фактора	Натуральные значения фактора, соответствующие уровню варьирования		$\hat{a}_i$	Значимость
	(–1)	(+1)		

X_1	0	0,01	-0,01430	да
X_2	0	0,015	-0,03264	да
X_3	0	0,01	-0,12397	да
X_4	0,12	0,64	+0,05256	да
X_5	0,12	2,05	-0,15478	да
X_6	0,04	0,25	-0,17987	да
X_7	0,032	0,09	+0,11734	да
X_8	0,0012	0,005	+0,00622	нет
X_9	58	221	+0,00930	нет
X_{10}	-	-	-0,00246	нет
X_{11}	-	-	-0,00313	нет

Таким образом, установлено, что на коэффициент совместного влияния факторов на теплозащитные свойства глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС существенное влияние оказывают следующие факторы: X_1 – зазор в стыке плит утеплителя; X_2 – зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; X_3 – отслоение плит утеплителя от основания; X_4 – отклонение от проектного значения толщины основания; X_5 – отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания; X_6 – отклонение от проектного значения толщины утеплителя; X_7 – отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя [113].

Для более детального описания функции отклика с учетом значимых факторов был проведен двухуровневый полный факторный эксперимент с использованием полинома первой степени:

$$y(k) = b_0 + \sum b_i \cdot x_i + \sum b_{ij} \cdot x_{ij}, \quad (3.8)$$

где $y(k)$ – функция отклика; b_i – линейный коэффициент; b_{ij} – коэффициент двойного взаимодействия; x_i – кодированное значение фактора.

В таблице 3.5 приведены значимые факторы с кодированными значениями уровней факторов [113].

Для решения задачи с учетом значимых факторов $X_1...X_7$, модель (3.8) приняла следующий вид:

$$\begin{aligned}
y(k) = & b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot x_6 + b_7 \cdot x_7 + \\
& + b_8 \cdot x_1 \cdot x_2 + b_9 \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{10} \cdot x_1 \cdot x_4 + b_{11} \cdot x_1 \cdot x_5 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_6 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_7 + \\
& + b_{14} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{15} \cdot x_2 \cdot x_4 + b_{16} \cdot x_2 \cdot x_5 + b_{17} \cdot x_2 \cdot x_6 + b_{18} \cdot x_2 \cdot x_7 + b_{19} \cdot x_3 \cdot x_4 + \\
& + b_{20} \cdot x_3 \cdot x_5 + b_{21} \cdot x_3 \cdot x_6 + b_{22} \cdot x_3 \cdot x_7 + b_{23} \cdot x_4 \cdot x_5 + b_{24} \cdot x_4 \cdot x_6 + b_{25} \cdot x_4 \cdot x_7 + \\
& + b_{26} \cdot x_5 \cdot x_6 + b_{27} \cdot x_5 \cdot x_7 + b_{28} \cdot x_6 \cdot x_7
\end{aligned} \quad (3.9)$$

Таблица 3.5 – Значимые факторы и кодированные уровни варьирования

Обозн. фактора	Наименование фактора	Натуральное значения фактора, соответствующее уровню варьирования	
		(–1)	(+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	0,64
X_5	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания, Вт/м·°С	0,12	2,05
X_6	Отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя, м	0,04	0,25
X_7	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, Вт/м·°С	0,032	0,09

Экспериментальное исследование коэффициента совместного влияния значимых факторов на теплозащиту глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС проводилось с помощью программы «ELCUT». Значение коэффициента совместного влияния значимых факторов, предсказанное по модели (3.9), а так же значения линейных коэффициентов и коэффициентов двойного взаимодействия, определялись методом наименьших квадратов с помощью программы «STATISTICA 6.1». Матрица плана и результаты приведены в приложении А [113].

Далее осуществлялась статистическая оценка результатов, включающая в себя проверку значимости всех коэффициентов и проверку адекватности модели.

При ортогональном планировании значимость коэффициентов модели оценивается путем сравнения абсолютной величины коэффициента с его доверительным интервалом:

$$|\hat{b}_i| \geq t_{1-\alpha, f} \cdot S_{bi}, \quad (3.10)$$

где $\hat{b}_i$ – абсолютная величина i -го коэффициента уравнения регрессии; $t_{1-\alpha, f}$ – критерий Стьюдента, принимаемый в зависимости от уровня значимости (α) и числа степеней свободы ($f=N-l$) при определении остаточной дисперсии согласно [143]; S_{bi} – среднее квадратичное отклонение i -го коэффициента уравнения регрессии.

$$S_{bi}^2 = S_{OCT}^2 / N, \quad (3.11)$$

где S_{OCT}^2 – остаточная дисперсия; N – число опытов.

$$S_{OCT}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \hat{y}_j)^2}{N - l}, \quad (3.12)$$

где $\tilde{y}_j$ – экспериментальное (наблюдаемое) значение выходной переменной; $\hat{y}_j$ – значение выходной переменной, рассчитанное по модели; N – число опытов; l – число действительных коэффициентов.

При отсутствии параллельных опытов и дисперсии воспроизводимости качество аппроксимации принятым уравнением регрессии можно оценить, сравнив остаточную дисперсию S_{OCT}^2 и дисперсию относительно среднего S_y^2 по критерию Фишера, который в данном случае показывает, во сколько раз уменьшается рассеяние относительно полученного уравнения регрессии по сравнению с рассеянием относительно среднего [3, 143]:

$$F = \frac{S_y^2(f_1)}{S_{OCT}^2(f_2)}, \quad (3.13)$$

где S_y^2 – дисперсия относительно среднего с числом степеней свободы $f_1 = N - 1$; S_{OCT}^2 – остаточная дисперсия с числом степеней свободы $f_2 = N - l$.

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \bar{y}_j)^2}{N-1}, \quad (3.14)$$

где $\tilde{y}_j$ – экспериментальное (наблюдаемое) значение выходной переменной;
 $\bar{y}_j = \sum_{j=1}^N \tilde{y}_j / N$ – среднее экспериментальное (наблюдаемое) значение выходной переменной; N – число опытов.

Чем больше F превышает табличное значение $F_{1-\rho, (f_1, f_2)}$ для выбранного уровня значимости ρ и чисел степеней свободы f_1 и f_2 , тем эффективнее уравнение регрессии.

Статистическая обработка результатов полного факторного эксперимента проводилась по формулам (3.10) – (3.14).

$$S_{OCT}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \hat{y}_j)^2}{N-l} = \frac{0,761756961}{128-29} = 0,007694515$$

$$S_{bi}^2 = S_{OCT}^2 / N = 0,007694515 / 128 = 0,0000601134$$

$$S_{bi} = \sqrt{S_{bi}^2} = \sqrt{0,0000601134} = 0,007753283$$

Уровень значимости был принят $\alpha = 0,05$, число степеней свободы $f = N-l = 128-29 = 99$. Согласно [143]: $t_{1-\alpha, f} = t_{0,95, 99} = 1,987$.

$|\hat{b}_i| \geq t_{1-\alpha, f} \cdot S_{bi} = 1,987 \cdot 0,007753283 = 0,015405773$. В таблице 3.6 представлены результаты проверки значимости коэффициентов.

Таблица 3.6 – Результаты проверки значимости коэффициентов модели

№	Обозначение	$\hat{b}_i$	Значимость
1	b_0	0,668428	да
2	b_1	-0,083676	да
3	b_2	-0,016259	да
4	b_3	-0,176067	да
5	b_4	0,028698	да
6	b_5	-0,076761	да
7	b_6	-0,167635	да

8	b_7	0,082944	да
9	b_8	0,003202	нет
10	b_9	0,044119	да
11	b_{10}	0,006179	нет
12	b_{11}	-0,026610	да
13	b_{12}	-0,047119	да
14	b_{13}	0,016499	да
15	b_{14}	0,006391	нет
16	b_{15}	-0,001183	нет
17	b_{16}	0,003815	нет
18	b_{17}	-0,006310	нет
19	b_{18}	-0,002372	нет
20	b_{19}	0,016032	да
21	b_{20}	-0,032404	да
22	b_{21}	-0,069788	да
23	b_{22}	0,050297	да
24	b_{23}	-0,033402	да
25	b_{24}	0,022850	да
26	b_{25}	0,004508	нет
27	b_{26}	-0,010715	нет
28	b_{27}	0,014664	нет
29	b_{28}	-0,014828	нет

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \bar{y}_j)^2}{N-1} = \frac{13,072213}{128-1} = 0,102930815$$

Уровень значимости был принят $\alpha = 0,05$;

число степеней свободы $f_1 = N-1 = 128-1 = 127$; $f_2 = N-l = 128-29 = 99$. Согласно [143]: $F_{1-\alpha, f_1, f_2} = F_{0,95, 127, 99} = 1,3785$.

$$F = \frac{S_y^2(f_1)}{S_{OCT}^2(f_2)} = \frac{0,102930815}{0,007694515} = 13,37716737 > F_{1-\alpha, f_1, f_2} = F_{0,95, 127, 99} = 1,3785$$

Дополнительно были рассмотрены и другие математические модели. Удовлетворительную адекватность показала рассмотренная первоначально модель (3.9), которая является и более удобной для практического применения [113].

По результатам проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии из двадцати девяти коэффициентов модели (3.9) оказались существенными восемнадцать коэффициентов. Модель (3.9) приняла следующий вид:

$$y(k) = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot x_6 + b_7 \cdot x_7 + \\ + b_9 \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{11} \cdot x_1 \cdot x_5 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_6 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_7 + b_{19} \cdot x_3 \cdot x_4 + \\ + b_{20} \cdot x_3 \cdot x_5 + b_{21} \cdot x_3 \cdot x_6 + b_{22} \cdot x_3 \cdot x_7 + b_{23} \cdot x_4 \cdot x_5 + b_{24} \cdot x_4 \cdot x_6 \quad (3.15)$$

Сравнение статистических показателей полной модели (3.9) и сокращенной – (3.15) представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Сравнение статистических показателей моделей (3.9) и (3.15)

№	Статистический показатель	Полная модель (3.9)	Сокращенная модель (3.15)
1	Сумма квадратов остатков – $\sum (\tilde{y}_{j(EXP)} - \hat{y}_{j(MOD)})^2$	0,761756961	0,907303288
2	Остаточная дисперсия – S_{OCT}^2	0,007694515	0,008248212
3	Скорректированный коэффициент детерминации – $R_{adj}^2 = 1 - S_{OCT}^2 / S_y^2$	0,925	0,919

Таким образом, сокращенная модель адекватно описывает исследуемый процесс.

Подставив в модель (3.15) численные значения линейных коэффициентов существенных факторов и коэффициентов, характеризующих их взаимодействия, получен окончательный вид модели учета совместного влияния значимых дефектов на теплозащитные свойства глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС [113]:

$$y(k) = 0,66843 - 0,08368 \cdot X_1 - 0,01626 \cdot X_2 - 0,17607 \cdot X_3 + 0,02870 \cdot X_4 - \\ - 0,07676 \cdot X_5 - 0,16763 \cdot X_6 + 0,08294 \cdot X_7 + 0,04412 \cdot X_1 \cdot X_3 - \\ - 0,02661 \cdot X_1 \cdot X_5 - 0,04712 \cdot X_1 \cdot X_6 + 0,01650 \cdot X_1 \cdot X_7 + 0,01603 \cdot X_3 \cdot X_4 - \\ - 0,03240 \cdot X_3 \cdot X_5 - 0,06979 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,05030 \cdot X_3 \cdot X_7 - 0,03340 \cdot X_4 \cdot X_5 + \\ + 0,02285 \cdot X_4 \cdot X_6 \quad (3.16)$$

При этом в уравнение (3.16) подставляются кодированные значения факторов, определяемые по формуле:

$$X_i = \frac{\hat{X}_i - (\hat{X}_{i\max} - \hat{X}_{i\min})/2}{(\hat{X}_{i\max} - \hat{X}_{i\min})/2}, \quad (3.17)$$

где X_i – кодированное значение i -го фактора; $\hat{X}_i$ – текущее натуральное значение i -го фактора; $\hat{X}_{i\max}$ – максимальное натуральное значение i -го фактора; $\hat{X}_{i\min}$ – минимальное натуральное значение i -го фактора.

Для удобства практического применения построенной модели представлен графический способ определения влияния некоторых значимых дефектов строительных работ на уровень теплозащиты на примере глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС. 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). На основе выполненного расчета построены графики зависимости коэффициента совместного влияния дефектов теплозащиты от величин зазора в стыке плит утеплителя и отслоения плит утеплителя от основания (рисунок 3.3) [113].

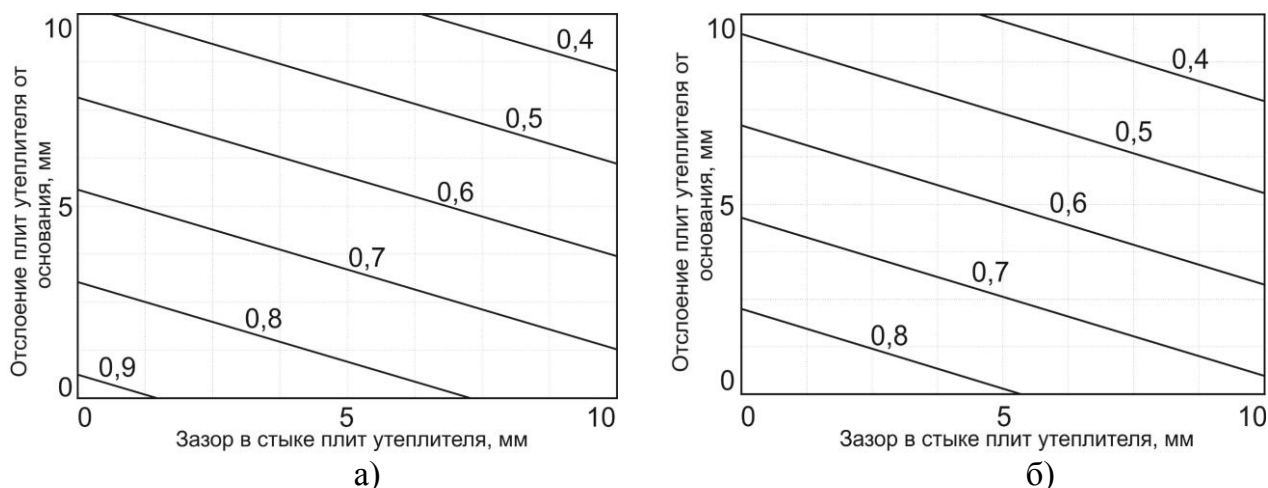


Рисунок 3.3 – Коэффициент совместного влияния дефектов на теплозащитные свойства глухого участка стеновой ограждающей конструкции с НФС:

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

3.3 Построение плана математического эксперимента для определения местного влияния дефектов теплозащиты участка стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия

Исследование влияния факторов на теплозащитные свойства фрагмента стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия (рисунок 3.2, б) осуществлялось построением плана математического эксперимента в два этапа. В качестве отклика была принята величина коэффициента влияния дефектов на теплозащиту фрагмента стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия. Описание последовательности проведения отсеивающего эксперимента по плану Плакетта-Бермана с целью выявления наиболее значимых факторов на первом этапе, а так же построение полного факторного эксперимента для детального описания функции отклика приведены в п. 3.2.

Так как в п. 3.2 было определено, что отклонение от заложенной в проекте толщины кронштейна и отклонение от заложенного в проекте значения коэффициента теплопроводности материала кронштейна не оказывают существенного влияния на теплозащиту фрагмента, то в дальнейшем данные факторы не учитывались. Наличие кронштейна с постоянными значениями толщины стенки (0,002 м) и коэффициента теплопроводности (58 Вт/м·°С) учитывалось соответствующим коэффициентом как дополнительное теплопроводное включение.

Толщина плиты перекрытия принята постоянной и равна 220 мм.

Дополнительно был учтен характерный фактор – нарушение устройства стыка основания с плитой перекрытия. При варьировании значений данного фактора учитывалось одностороннее заполнение стыка материалом с коэффициентом теплопроводности (0,035 Вт/м·°С) [121, 122, 142].

Количественные значения уровней факторов толщины основания варьировались от 0,2 до 0,51 м [84, 121, 122], а коэффициента теплопроводности – от 0,12 до 1,48 Вт/м·°С [78, 84, 121, 122, 142] в предположении, что основание может

быть выполнено из материала, характерного для рассматриваемого случая и объемный вес которого не менее 600 кг/м^3 (кладка из легкобетонных блоков или кирпичная кладка).

В таблице 3.8 приведены рассматриваемые факторы с кодированными значениями уровней факторов. Факторы варьируются на уровнях и (-1) и $(+1)$ [113].

Таблица 3.8 – Исследуемые факторы и кодированные уровни варьирования

Обозн. фактора	Наименование фактора	Натуральное значения фактора, соответствующее уровню варьирования	
		(-1)	$(+1)$
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	0,2	0,51
X_5	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания, $\text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	0,12	1,48
X_6	Отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя, м	0,04	0,25
X_7	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, $\text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	0,032	0,09
X_8	Зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия, м	0	0,05
X_9	<i>Фиктивный фактор</i>	-	-
X_{10}	<i>Фиктивный фактор</i>	-	-
X_{11}	<i>Фиктивный фактор</i>	-	-

Матрица плана и результаты определения коэффициента совместного влияния факторов, полученные с помощью программы «ELCUT», представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Матрица плана Плакетта-Бермана и результаты определения совместного влияния факторов на теплозащиту фрагмента стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	$y_j(k_j)$
1	+	+	–	+	+	+	–	–	–	+	–	0,31343
2	+	–	+	+	+	–	–	–	+	–	+	0,53265
3	–	+	+	+	–	–	–	+	–	+	+	0,55432

4	+	+	+	–	–	–	+	–	+	+	–	0,73157
5	+	+	–	–	–	+	–	+	+	–	+	0,27530
6	+	–	–	–	+	–	+	+	–	+	+	0,90039
7	–	–	–	+	–	+	+	–	+	+	+	1,00000
8	–	–	+	–	+	+	–	+	+	+	–	0,09449
9	–	+	–	+	+	–	+	+	+	–	–	0,84699
10	+	–	+	+	–	+	+	+	–	–	–	0,19371
11	–	+	+	–	+	+	+	–	–	–	+	0,25161
12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00000

После реализации отсеивающего плана эксперимента проводилась статистическая обработка результатов, включающая расчет эффектов каждого фактора и проверку значимости факторов по формулам (3.3) – (3.7) [113].

$$S_i^2 = 4 \cdot k (\hat{a}_9^2 + \hat{a}_{10}^2 + \hat{a}_{11}^2) / (4k - l - 1) =$$

$$= 4 \cdot 3 (0,000497067 + 0,001694283 + 0,000775066) / (4 \cdot 3 - 8 - 1) = 0,01187$$

$$S_i^2 = S_i^2 / 4k = 0,01187 / 12 = 0,00099.$$

Число степеней свободы $f = 4k - l - 1 = 4 \cdot 3 - 8 - 1 = 3$.

$$|\hat{a}_i| \geq t_{kp} \cdot S_i = 2,353 \cdot 0,00099 = 0,07399.$$

В таблице 3.10 представлены результаты проверки значимости факторов.

Таблица 3.10 – Результаты проверки значимости факторов для фрагмента стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия

Обозн. фактора	Натуральные значения фактора, соответствующее уровню варьирования		$\hat{a}_i$	Значимость
	(–1)	(+1)		
X_1	0	0,01	–0,06670	нет
X_2	0	0,015	–0,06234	нет
X_3	0	0,01	–0,16481	да
X_4	0,2	0,51	+0,01565	нет
X_5	0,12	1,48	–0,06795	нет
X_6	0,04	0,25	–0,20312	да
X_7	0,032	0,09	+0,09617	да
X_8	0	0,05	–0,08034	да
X_9	–	–	+0,02230	нет
X_{10}	–	–	+0,04116	нет
X_{11}	–	–	+0,02784	нет

Таким образом, установлено, что на коэффициент совместного влияния дефектов теплозащиты фрагмента стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия существенное влияние оказывают следующие факторы: X_3 – отслоение плит утеплителя от основания; X_6 – отклонение от заложенной в проекте толщины утеплителя; X_7 – отклонение от заложенного в проекте значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя; X_8 – зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия.

На границе выполнения условия (3.5) оказались факторы X_1 , X_2 , X_5 . Тем не менее, невыполнение условия (3.5) не относит данные факторы к незначительным. При наличии других дефектов присутствие данных факторов является одним из необходимых условий для «негативного» совместного влияния характерных факторов. По этой причине данные факторы приняты к рассмотрению на втором этапе исследования.

Так как было определено, что фактор отступления от заложенной в проекте толщины основания не оказывают существенного влияния на теплозащиту фрагмента, то в дальнейшем исследовании значение толщины основания принималось постоянным ($\delta_w = 0,25$ м).

Для более детального описания функции отклика с учетом значимых факторов был проведен двухуровневый полный факторный эксперимент с использованием полинома первой степени (3.8). В таблице 3.11 приведены значимые факторы с кодированными значениями уровней факторов [113].

Таблица 3.11 – Значимые факторы и кодированные уровни варьирования

Обозн. фактора	Наименование фактора	Натуральное значения фактора, соответствующее уровню варьирования	
		(–1)	(+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 коэффициента теплопроводности материала основания, Вт/м·°С	0,12	1,48
X_5	Отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя, м	0,04	0,25
X_6	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, Вт/м·°	0,032	0,09
X_7	Зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия, м	0	0,05

Для решения задачи с учетом значимых факторов, модель (3.8) приняла вид (3.9).

Экспериментальное исследование коэффициента совместного влияния значимых факторов на теплозащиту фрагмента стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия проводилось с помощью программы «ELCUT». Значение коэффициента совместного влияния значимых факторов, предсказанное по модели (3.9), а так же значения линейных коэффициентов и коэффициентов двойного взаимодействия, определялись методом наименьших квадратов с помощью программы «STATISTICA 6.1». Матрица плана и результаты приведены в приложении Б [113].

Далее осуществлялась статистическая оценка результатов, включающая в себя проверку значимости всех коэффициентов и проверку адекватности модели по формулам (3.10) – (3.14).

$$S_{OCT}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \hat{y}_j)^2}{N - l} = \frac{0,701845256}{128 - 29} = 0,007089346$$

$$S_{bi}^2 = S_{OCT}^2 / N = 0,007089346 / 128 = 0,0000553855$$

$$S_{bi} = \sqrt{S_{bi}^2} = \sqrt{0,0000553855} = 0,0074421435$$

Уровень значимости был принят $\alpha = 0,05$, число степеней свободы $f = N - l = 128 - 29 = 99$. Согласно [143]: $t_{1-\alpha, f} = t_{0,95, 99} = 1,987$.

$$|\hat{b}_i| \geq t_{1-\alpha, f} \cdot S_{bi} = 1,987 \cdot 0,0074421435 = 0,014787541.$$

В таблице 3.12 представлены результаты проверки значимости коэффициентов.

Таблица 3.12 – Результаты проверки значимости коэффициентов модели

№	Обозначение	$\hat{b}_i$	Значимость
1	b_0	0,491972	да
2	b_1	–0,089599	да
3	b_2	–0,006519	нет
4	b_3	–0,169621	да
5	b_4	0,068688	да
6	b_5	–0,168314	да
7	b_6	0,073568	да
8	b_7	–0,100328	да
9	b_8	0,002153	нет
10	b_9	0,049728	да
11	b_{10}	–0,008753	нет
12	b_{11}	–0,039098	да
13	b_{12}	0,007403	нет
14	b_{13}	0,023603	да
15	b_{14}	0,003714	нет
16	b_{15}	–0,000432	нет
17	b_{16}	–0,003051	нет
18	b_{17}	0,000910	нет
19	b_{18}	0,001775	нет
20	b_{19}	–0,012446	нет
21	b_{20}	–0,042461	да
22	b_{21}	0,033569	да
23	b_{22}	0,043246	да
24	b_{23}	–0,028392	да
25	b_{24}	0,007800	нет
26	b_{25}	0,053133	да
27	b_{26}	–0,023220	да
28	b_{27}	0,006796	нет
29	b_{28}	–0,003916	нет

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \bar{y}_j)^2}{N-1} = \frac{13,416739}{128-1} = 0,105643611$$

Уровень значимости был принят $\alpha = 0,05$; число степеней свободы $f_1 = N-1 = 128-1 = 127$; $f_2 = N-l = 128-29 = 99$. Согласно [143]: $F_{1-\alpha, f_1, f_2} = F_{0,95, 127, 99} = 1,3785$.

$$F = \frac{S_y^2(f_1)}{S_{OCT}^2(f_2)} = \frac{0,105643611}{0,007089346} = 14,90174286 > F_{1-\alpha, f_1, f_2} = F_{0,95, 127, 99} = 1,3785$$

По результатам проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии из двадцати девяти коэффициентов модели (3.9) оказались существенными шестнадцать коэффициентов. Модель (3.9) приняла следующий вид:

$$\begin{aligned} y(k) = & b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5 + b_6 \cdot x_6 + b_7 \cdot x_7 + \\ & + b_9 \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{11} \cdot x_1 \cdot x_5 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_7 + b_{20} \cdot x_3 \cdot x_5 + b_{21} \cdot x_3 \cdot x_6 + \\ & + b_{22} \cdot x_3 \cdot x_7 + b_{23} \cdot x_4 \cdot x_5 + b_{25} \cdot x_4 \cdot x_7 + b_{26} \cdot x_5 \cdot x_6 \end{aligned} \quad (3.18)$$

Сравнение статистических показателей полной модели (3.9) и сокращенной – (3.18) представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Сравнение статистических показателей моделей (3.9) и (3.18)

№	Статистический показатель	Полная модель (3.9)	Сокращенная модель (3.18)
1	Сумма квадратов остатков – $\sum (\tilde{y}_{j(EXP)} - \hat{y}_{j(MOD)})^2$	0,701845256	0,763684923
2	Остаточная дисперсия – S_{OCT}^2	0,007089346	0,006818615
3	Скорректированный коэффициент детерминации – $R_{adj}^2 = 1 - S_{OCT}^2 / S_y^2$	0,933	0,935

Таким образом, сокращенная модель адекватно описывает исследуемый процесс.

Подставив в модель (3.18) численные значения линейных коэффициентов существенных факторов и коэффициентов, характеризующих их взаимодействия, получен окончательный вид модели учета совместного влияния значимых дефектов на теплозащитные свойства фрагмента стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия:

$$\begin{aligned}
y(k) = & 0,49197 - 0,08960 \cdot X_1 - 0,16962 \cdot X_3 + 0,06869 \cdot X_4 - 0,16831 \cdot X_5 + \\
& + 0,07357 \cdot X_6 - 0,10033 \cdot X_7 + 0,04973 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,03910 \cdot X_1 \cdot X_5 + \\
& + 0,02360 \cdot X_1 \cdot X_7 - 0,04246 \cdot X_3 \cdot X_5 + 0,03357 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,04325 \cdot X_3 \cdot X_7 - \\
& - 0,02839 \cdot X_4 \cdot X_5 + 0,05313 \cdot X_4 \cdot X_7 - 0,02322 \cdot X_5 \cdot X_6
\end{aligned} \quad (3.19)$$

При этом в уравнение (3.19) подставляются кодированные значения факторов, определяемые по согласно (3.17).

Выводы по главе 3

1. С помощью программы «ELCUT» выявлено влияние основных дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции. Количественные оценки влияния каждого дефекта значительно разнятся: от (–65,2 %) до (+286,2 %).

Установлено, что при увеличении теплозащитных характеристик теплоизоляционного слоя влияние дефектов возрастает. Наиболее существенное «отрицательное» влияние оказал дефект отслоения утеплителя от основания (–65,2 %). При проведении исследования была принята скорость движения воздуха в отслоении 0,05 м/с. Таким образом, даже столь малое значение величины скорости движения воздуха в отслоении оказывает существенное влияние на теплозащитные свойства стеновых ограждающих конструкций.

2. Выявлены значимые дефекты устройства НФС, оказывающие влияние на уровень теплозащиты глухих участков стеновых ограждающих конструкций: 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.

Определена модель по учету совместного влияния значимых дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты глухих участков стеновых ограждающих конструкций, позволяющая количественно оценить качество устройства НФС гражданских зданий в процессе строительства.

3. Выявлены значимые дефекты устройства НФС, оказывающие влияние на уровень теплозащиты участков стеновых ограждающих конструкций в зоне плиты перекрытия: зазор в стыке плит утеплителя; зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; отслоение плит утеплителя от 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; зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия.

Определена модель по учету совместного влияния значимых дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты участков стеновых ограждающих конструкций в зоне плиты перекрытия, позволяющая количественно оценить качество устройства НФС гражданских зданий в процессе строительства.

4. Для практического применения моделей представлен графический способ определения влияния дефектов устройства НФС на уровень теплозащиты стеновых ограждающих конструкций.

4 РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ

4.1 Организационные решения устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности

Разработанные организационные решения устанавливают требования к контролю качества выполнения монтажных работ, а также направлены на реализацию Федерального закона от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Федерального закона от 23 ноября 2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [23]. Данные организационные решения позволяют дать количественную оценку качества работ при проверке соответствия объектов требованиям технических регламентов; предназначены для инженерно-технических работников, специализирующихся на устройстве и контроле дополнительной теплозащиты гражданских зданий, и представляет основу для разработки технологических карт и проектов производства работ.

Область применения разработанных решений распространяется на работы по наружному утеплению гражданских зданий с устройством НФС.

В соответствии с СП 48.13330.2011 [120] и Постановления № 468 [91] строительный контроль включает в себя: входной контроль проектной документации; входной контроль строительных конструкций, изделий и материалов; операционный и приемочный контроль промежуточных этапов работ; оценку соответствия выполненных работ, результаты которых будут недоступны для контроля после начала выполнения последующих работ; приемочный контроль законченных этапов работ и завершеного строительством объекта.

Рекомендации по организации входного контроля.

Входной контроль следует осуществлять до начала строительных работ. При входном контроле рабочей документации проверяется ее комплектность согласно Постановлению № 87 [92] и достаточность информации для производства работ.

Входной контроль осуществляется в течение всего процесса монтажа НФС и определяет соответствие строительных материалов требованиям проектной и рабочей документации, а также наличие паспортов, сертификатов, подтверждающих соответствие указанных в них теплозащитных характеристик требованиям тепловой защиты. При отсутствии, недостаточности информации или несоответствии требованиям норм и сопроводительных документов необходимо провести контрольные испытания материалов и изделий для определения геометрических и физико-механических характеристик. Для проведения данных работ могут быть привлечены лаборатории с применением методов инструментального контроля. Объем испытаний проводится в полном объеме или выборочно по совместному решению подрядчика и заказчика. При определении несоответствия характеристик материалов требованиям проекта, их следует отделить от пригодных и промаркировать. Дальнейшее их применение недопустимо. В соответствии с законодательством может быть принято одно из следующих решений: поставщик заменяет несоответствующие установленным требованиям материалы на соответствующие; материалы, несоответствующие установленным требованиям, дорабатываются; материалы, несоответствующие установленным требованиям, применяются после обязательного согласования с заказчиком, проектной организацией и органом государственного строительного надзора.

Результаты входного контроля должны быть документированы в соответствии с ГОСТ 24297 [28].

Подрядчик обеспечивает складирование и хранение строительных конструкций, изделий и материалов в соответствии с проектной документацией. При

нарушении требований складирования и хранения материалов их дальнейшее применение определяется при участии заказчика на основании результатов дополнительных контрольных испытаний. Информация о нарушениях и принятых решениях документируется в общем журнале работ по форме РД 11-05-2007 [108].

Рекомендации по организации операционного контроля.

Операционный контроль осуществляется с целью предотвращения, выявления, устранения дефектов строительных работ. В ходе операционного контроля проверяется соблюдение последовательности и состава выполняемых технологических операций и их соответствие установленным требованиям. Требования по объему и содержанию контроля качества устройства наружных ограждающих конструкций с НФС указываются в карте контроля соответствия требованиям тепловой защиты в составе ППР. Форма карты контроля качества приведена в приложении В. Операционный контроль качества выполнения работ по устройству ограждающих конструкций с НФС проводится в полном объеме с промежуточной приемкой результатов выполнения отдельных этапов работ.

При производстве работ должны составляться 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. По результатам составляется сводная ведомость контроля. В дальнейшем, при приемке захватки, вычисляется коэффициент совместного влияния значимых дефектов теплозащиты

и определяется фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче захватки по формуле (4.1). При исправлении дефектов контроль по листам учета должен быть повторен.

$$R_{w,i} = R_w \cdot k_{I(II),i}, \quad (4.1)$$

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.

$$k_{I,i} = k_{I,i}^{X_1} \cdot k_{I,i}^{X_2} \cdot k_{I,i}^{X_3}; \quad k_{II,i} = k_{II,i}^{X_1} \cdot k_{II,i}^{X_3} \cdot k_{II,i}^{X_7}, \quad (4.2)$$

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; $k_{II,i}^{X_1}, k_{II,i}^{X_3}, k_{II,i}^{X_7}$ – коэффициенты влияния значимых дефектов X_1, X_3, X_7 на теплозащиту i -ой захватки участка наружной стены с устройством НФС в зоне плиты перекрытия.

X_1 – зазор в стыке плит утеплителя; X_2 – зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя; X_3 – отслоение плит утеплителя от основания; X_7 – зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия.

$$k_{I(II),i}^{X_1} = (l_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_1} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (l_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_1} - 1) + 1), \quad (4.3)$$

$$k_{I,i}^{X_2} = (n_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_2} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (n_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_2} - 1) + 1), \quad (4.4)$$

$$k_{I(II),i}^{X_3} = (s_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_3} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (s_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_3} - 1) + 1), \quad (4.5)$$

$$k_{II,i}^{X_7} = (d_{(j=1)} \cdot (k_{(j=1),i}^{X_7} - 1) + 1) \cdot \dots \cdot (d_{(j=m)} \cdot (k_{(j=m),i}^{X_7} - 1) + 1), \quad (4.6)$$

где $k_{j,1}^{X_{(1,2,3,7)}}$ – 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_7 j -ой величины, приходящаяся на 1 м^2 i -ой захватки участка II типа, м/м².

$$l_j = L_j / A_{w,i}; \quad n_j = N_j / A_{w,i}; \quad s_j = S_j / A_{w,i}; \quad d_j = D_j / A_{w,i}, \quad (4.7)$$

где $A_{w,i}$ – площадь i -ой захватки наружной стены с устройством НФС, м^2 ; 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, м^2 ; D_j – протяженность дефекта X_7 j -ой величины в пределах i -ой захватки, м .

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

$$k_I^{X_1} \cdot k_I^{X_2} \cdot k_I^{X_3} > k_{calc}; \quad k_{II}^{X_1} \cdot k_{II}^{X_3} \cdot k_{II}^{X_7} > k_{calc}, \quad (4.8)$$

где k_{calc} – расчетное граничное значение коэффициента влияния дефектов, при котором теплозащитные свойства наружных стен удовлетворяют требованиям теплозащиты, устанавливаемым СНиП 23-02-2003 [129].

$$k_{calc} = \max\{R_{\min}, R_{req}\} / R_w, \quad (4.9)$$

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

Контрольные листы учета дефектов теплозащиты и сводная ведомость контроля при устройстве наружных стен с НФС оформляются по форме приложения Г.

Согласно требованиям СНиП 23-02-2003 [129] необходимо обязательное выполнение условия:

$$R_{wf} \geq \{R_{\min}, R_{req}\}, \quad (4.10)$$

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:

$$R_{wf} = R_w \cdot k_{I(II)}, \quad (4.11)$$

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 (4.12) и (4.13).

Для учета совместного влияния значимых дефектов на теплозащиту участка наружной стены с устройством НФС используется модель (4.12).

$$\begin{aligned} k_I = & 0,66843 - 0,08368 \cdot X_1 - 0,01626 \cdot X_2 - 0,17607 \cdot X_3 + 0,02870 \cdot X_4 - \\ & - 0,07676 \cdot X_5 - 0,16763 \cdot X_6 + 0,08294 \cdot X_7 + 0,04412 \cdot X_1 \cdot X_3 - \\ & - 0,02661 \cdot X_1 \cdot X_5 - 0,04712 \cdot X_1 \cdot X_6 + 0,01650 \cdot X_1 \cdot X_7 + 0,01603 \cdot X_3 \cdot X_4 - \\ & - 0,03240 \cdot X_3 \cdot X_5 - 0,06979 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,05030 \cdot X_3 \cdot X_7 - 0,03340 \cdot X_4 \cdot X_5 + \\ & + 0,02285 \cdot X_4 \cdot X_6 \end{aligned} \quad (4.12)$$

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

В таблице 4.1 приведены дефекты для модели (4.12) с указанием пределов их изменений [113].

Таблица 4.1 – Дефекты теплозащиты для модели (4.12) и пределы их изменений

Обозначение дефекта	Наименование дефекта	Натуральные значения дефектов	
		$\tilde{X}_{i \min}$	$\tilde{X}_{i \max}$
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	0,64
X_5	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала основания, Вт/м·°С	0,12	2,05
X_6	Отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя, м	0,04	0,25
X_7	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, Вт/м·°С	0,032	0,09

Для учета совместного влияния значимых дефектов на теплозащиту участка наружной стены с устройством НФС в зоне плиты перекрытия используется модель (4.13).

$$k_{II} = 0,49197 - 0,08960 \cdot X_1 - 0,16962 \cdot X_3 + 0,06869 \cdot X_4 - 0,16831 \cdot X_5 + \\ + 0,07357 \cdot X_6 - 0,10033 \cdot X_7 + 0,04973 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,03910 \cdot X_1 \cdot X_5 + \\ + 0,02360 \cdot X_1 \cdot X_7 - 0,04246 \cdot X_3 \cdot X_5 + 0,03357 \cdot X_3 \cdot X_6 + 0,04325 \cdot X_3 \cdot X_7 - \\ - 0,02839 \cdot X_4 \cdot X_5 + 0,05313 \cdot X_4 \cdot X_7 - 0,02322 \cdot X_5 \cdot X_6 \quad (4.13)$$

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

В таблице 4.2 приведены дефекты для модели (4.13) с указанием пределов их изменений [113].

Таблица 4.2 – Дефекты теплозащиты для модели (4.13) и пределы их изменений

Обозначение дефекта	Наименование дефекта	Натуральные значения дефектов	
		$\tilde{X}_{i\min}$	$\tilde{X}_{i\max}$
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 коэффициента теплопроводности материала основания, Вт/м·°С	0,12	1,48
X_5	Отклонение от проектного значения толщины теплоизоляционного слоя, м	0,04	0,25
X_6	Отклонение от проектного значения коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, Вт/м·°С	0,032	0,09
X_7	Зазор в деформационном шве между основанием и плитой перекрытия, м	0	0,05

В модели (4.12) и (4.13) подставляются кодированные значения дефектов, определяемые по формуле (3.17).

В ходе операционного контроля качества устройства НФС на основе условия (4.10) выполняется оценка значимости дефектов, в соответствии со схемой, представленной на рис. 4.1.

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 (4.10) не выполняется. В данном случае совместное влияние дефектов является «критическим» и требует устранения. В случае, когда условие (4.10) 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 (4.10) выполнимо, класс энергетической эффективности здания не изменился, но при этом ($k < 1$) совместное влияние дефектов является «малозначительным» и не требует исправления.

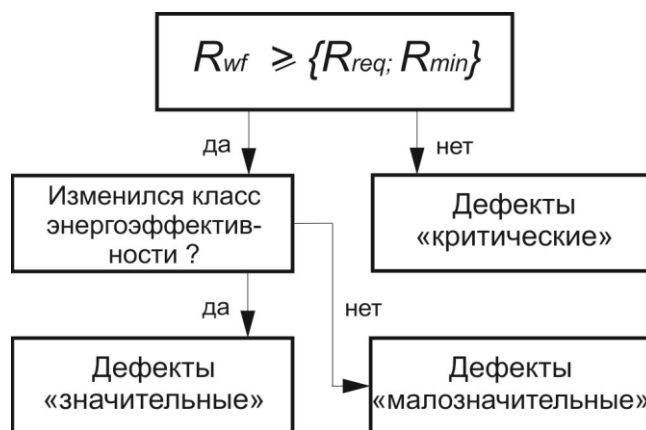


Рисунок 4.1 – Схема оценки значимости дефектов

Рекомендации по организации приемочного контроля.

Приемочный контроль при устройстве НФС проводится в рамках оценки и подтверждения соответствия ограждающих конструкций требованиям технических регламентов и проектной документации, в том числе требованиям тепловой защиты и энергетической эффективности.

Оценка соответствия наружных ограждающих конструкций требованиям тепловой защиты в процессе строительства и при его окончании проводится в целях: проверки соответствия фактических и нормативных значений показателей уровня тепловой защиты отдельных наружных ограждающих конструкций здания; проверки соответствия фактических и нормативных значений температур на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций, а также температурных перепадов между температурами внутреннего воздуха и температурами

внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций; проверки соответствия фактических и нормативных значений удельных энергетических характеристик здания.

Проверка соответствия стеновых ограждающих конструкций с НФС требованиям энергетической эффективности в процессе строительства и при его окончании осуществляется органом государственного строительного надзора при осуществлении строительного надзора. В иных случаях контроль и подтверждение соответствия требованиям энергетической эффективности в процессе строительства и при его окончании осуществляется застройщиком. Результатом оценки теплозащиты стеновых ограждающих конструкций с НФС является подтверждение соответствия в форме акта о соответствии требованиям энергетической эффективности стеновой ограждающей конструкции или ее части.

Приемка работ по устройству каждого этапа работ осуществляется с записью в общем журнале работ [108] с оформлением актов на скрытые работы в соответствии с [107]. При отсутствии актов на скрытые работы последующие работы выполнять недопустимо.

При приемочном контроле качества выполнения работ производить проверку соответствия фактических значений параметров проектным решениям:

- проверка результатов входного контроля;
- при внесении изменений в проект проверить наличие документов согласования изменений с разработчиком проекта;
- проверка наличия и качества заполнения журнала общих работ в соответствии с [108];
- проверка наличия и качества оформления актов освидетельствования скрытых работ в соответствии с [107];
- контроль осуществляется визуально и с проведением технического осмотра. В отдельных случаях по решению заказчика или органа государственного строительного надзора может назначаться сплошной или выборочный инстру-

ментальный контроль для определения фактических значений контролируемых параметров и заполнения энергетического паспорта здания при приемке в эксплуатацию.

Необходимыми условиями для проведения натурных испытаний стеновых ограждающих конструкций с НФС в процессе строительства и по его окончании являются:

- несогласованные или значительные отступления от проектной и рабочей документации при устройстве стеновых ограждающих конструкций;
- отсутствие необходимой исполнительной документации при устройстве стеновых ограждающих конструкций;
- нарушение порядка проведения строительного контроля или его документального подтверждения при устройстве стеновых ограждающих конструкций;
- дефекты теплозащиты, обнаруженные при устройстве стеновых ограждающих конструкций с НФС;
- фактические значения температур на внутренних поверхностях стеновых ограждающих конструкций меньше нормативных;
- температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стеновых ограждающих конструкций больше нормативного.

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 [114].

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 (4.1); проверка выполнения условий соответствия требованиям теплозащиты (согласно приведенной на рисунке 4.2 схеме).

При контроле качества i -ой захватки с учетом параметров энергоэффективности определяется промежуточное фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с НФС по формуле (4.14) 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 [114].

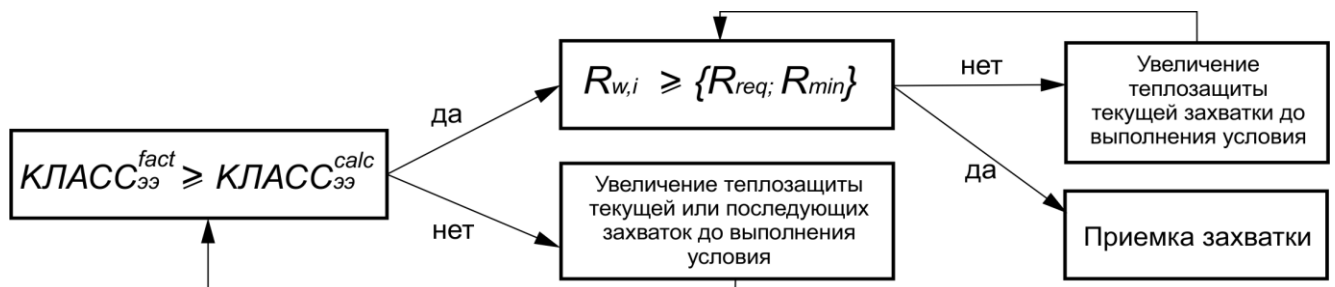


Рисунок 4.2 – Схема проверки выполнения требований энергоэффективности при контроле захваток

$$R_{w, fact} = A_w / \sum_{i=1}^m \frac{A_{w,i}}{R_{w,i}}, \quad (4.14)$$

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 [114].

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 [114].

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 (4.14), исходя из фактических значений приведенного сопротивления теплопередаче каждой захватки [114].

Замечания заказчика, привлекаемых для осуществления контроля лиц, о нарушениях при выполнении работ оформляются в письменной форме. Об устранении выявленных нарушений оформляется акт, подписываемый предъявившим замечания о нарушениях и подрядчиком.

В случае выявления нарушений по результатам проверки органом государственного строительного надзора оформляется акт и предписание о сроках на устранение нарушений. После устранения нарушений подрядчиком оформляется акт об устранении нарушений. Производство работ до устранения выявленных нарушений не допускается. При приемке законченных строительством наружных стен с устройством НФС составляется акт соответствия требованиям тепловой защиты наружных стен, приведенный в приложении Д.

Технологические рекомендации устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности:

1. При возникновении зазора в стыке плит утеплителя заполнить материалом утеплителя. При установке плит утеплителя не допускать разламывания. Разрезать плиты специальным инструментом;

2. В месте прохождения кронштейна сквозь плиту утеплителя предварительно прорезать утеплитель под размер кронштейна на всю глубину специальным ножом. Не допускать удаления фрагмента утеплителя для прохождения кронштейна;

3. Перед началом монтажа НФС оформлять акт приемки плоскостей фасада с проверкой качества поверхности. Наличие наплывов на поверхности основания не допустимо. При величине неплоскостности основания, превышающей 5 мм на 2 м длины, выравнивать поверхность основания штукатурным составом. При выполнении основания в виде кирпичной кладки необходимо производить расшивку швов. При устройстве узла крепления кронштейна обеспечить минимально возможную величину выступа. В данном случае целесообразным является уменьшение толщины терморазрыва между кронштейном и основанием, толщина которого доходит до 10 мм, так как установлено, что терморазрыв слабо влияет на теплозащитные свойства. Если величину выступа уменьшить невозможно, то предварительно вырезать специальным ножом выемку в плите утеплителя размером основания кронштейна и глубиной, равной выступу узла крепления. По возможности обеспечить совмещение шага размещения кронштейнов с шагом плит утеплителя;

4. Обеспечить соответствие проектным значениям величины толщины основания, коэффициента теплопроводности материала основания, толщины теплоизоляционного слоя, коэффициента теплопроводности материала теплоизоляционного слоя. При необходимости производить инструментальный контроль для определения фактического значения геометрических и теплофизических характе-

ристик с последующим сравнением с проектными значениями. Возможные отклонения от проекта не должны превышать заложенных в проекте допусков. При отсутствии в проекте допусков, предельные отклонения не должны превышать значений, указанных в сертификатах на применяемый материал [115].

5. При устройстве деформационного шва между основанием и плитой перекрытия не допускать разрывов и несплошностей деформационного шва по всей длине примыкания. При возникновении – заполнить материалом деформационного шва. Устройство деформационного шва производить с образованием в стыке замкнутой воздушной прослойки между уплотняющими прокладками. Обжатие прокладок производить в соответствии с требованиями нормативной документации. Соединять уплотняющие прокладки необходимо внахлест с длиной участка нахлеста 100-120 мм. Места соединения двух параллельных слоев уплотняющих прокладок должны идти со смещением 300 мм.

4.2 Анализ экономической эффективности

Для практической реализации результатов исследования необходимо провести комплексную технико-экономическую оценку эффективности предложенных организационных решений, учитывающую совокупность факторов, оказывающих влияние на инвестиционно-строительный проект. Финансовый анализ инвестиционно-строительных проектов необходим для проверки реализуемости принятых технологических решений.

В таблице 4.3 представлены общеизвестные технико-экономические показатели, по которым производится комплексная технико-экономическая оценка эффективности инвестиционно-строительного проекта при выборе организационно-технологических решений.

Таблица 4.3 – Техничко-экономические показатели

Показатель	Наименование
<i>Продолжительность</i>	Срок производства строительно-монтажных работ и (или) реализации инвестиционно-строительного проекта. Проект эффективен, если продолжительность меньше планируемой или нормативной.
<i>Трудоемкость</i>	Показатель, отражающий затраты живого труда на производство единицы продукции.
<i>Чистый доход – NV</i>	Накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчётный период. $NV = \sum_{t=1}^N (R_t - C_t),$ где N – количество временных периодов инвестиционно-строительного проекта; t – порядковый индекс рассматриваемого периода; R_t – приток денежных средств за период t; C_t – отток денежных средств за период t. Инвестиционно-строительный проект эффективен, если NV больше нуля.
<i>Период окупаемости</i>	Период времени, необходимый для того, чтобы доходы, создаваемые благодаря инвестициям, покрыли затраты на инвестиции. Инвестиционно-строительный проект эффективен, если период окупаемости меньше срока реализации проекта.
<i>Дисконтируемый период окупаемости</i>	Период времени, необходимый для того, чтобы дисконтированные доходы, создаваемые благодаря инвестициям, покрыли дисконтированные затраты на инвестиции. Инвестиционно-строительный проект эффективен, если дисконтируемый период окупаемости меньше срока реализации проекта.
<i>Чистый дисконтированный доход – NPV</i>	Сумма дисконтированных значений денежных потоков, приведенных к настоящему времени. $NPV = \sum_{t=1}^N \frac{R_t - C_t}{(1 + E)^t},$ где E – ставка дисконтирования. Ставка дисконтирования – это процентная ставка, используемая для перерасчёта будущих потоков доходов и расходов в единую величину текущей стоимости. Инвестиционно-строительный проект эффективен, если NPV больше нуля.
<i>Индекс прибыльности (индекс доходности) – PI</i>	Отношение приведенной стоимости будущих денежных потоков от реализации инвестиционного проекта к приведенной стоимости первоначальных инвестиций. $PI = \frac{\sum_{t=1}^N \frac{R_t - C_t}{(1 + E)^t}}{\sum_{t=1}^N \frac{C_t^{inv}}{(1 + E)^t}},$ где C_t^{inv} – инвестиционные затраты проекта. Инвестиционно-строительный проект эффективен, если PI больше единицы.

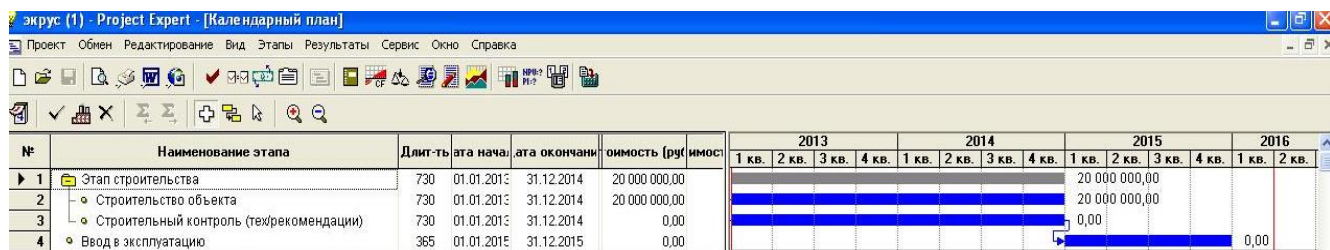
По результатам анализа рассчитанных технико-экономических показателей эффективности различных вариантов инвестиционно-строительных проектов выбирается наиболее эффективный вариант.

Является целесообразным осуществлять оценку эффективности организационно-технологических решений 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 (реализации указанных задач) является программный комплекс Project Expert, позволяющий определять финансовые потоки от инвестиционно-операционной деятельности в рамках реализации инвестиционно-строительного проекта. При этом финансовые потоки формируются при моделировании организационно-технологических решений.

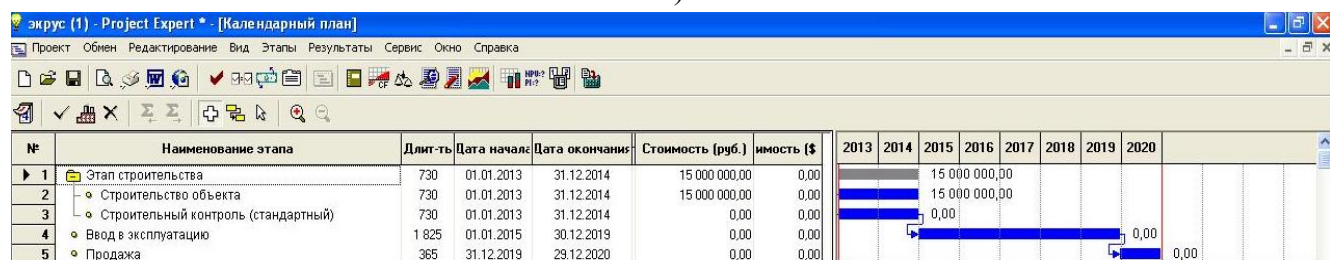
Оценка эффективности разработанных в диссертационном исследовании организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергоэффективности производилась по результатам компьютерного имитационного моделирования инвестиционно-строительных проектов на примере реализованных объектов жилого и общественного назначения в г. Челябинске. Моделирование поступления денежных средств осуществлялось с момента ввода объектов в эксплуатацию. При этом объем и характер поступления денежных средств принимался по данным практического опыта реализации инвестиционно-строительных проектов для каждого типа здания.

С помощью программного комплекса Project Expert для каждого типа зданий были разработаны компьютерные имитационные модели инвестиционно-строительных проектов на основе сформулированных в диссертационном исследовании организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергоэффективности (рисунок 4.3) и на основе применяемой системы контроля каче-

ства при устройстве НФС (рисунок 4.4), а также определены технико-экономические показатели каждого варианта (рисунок 4.5, 4.6).

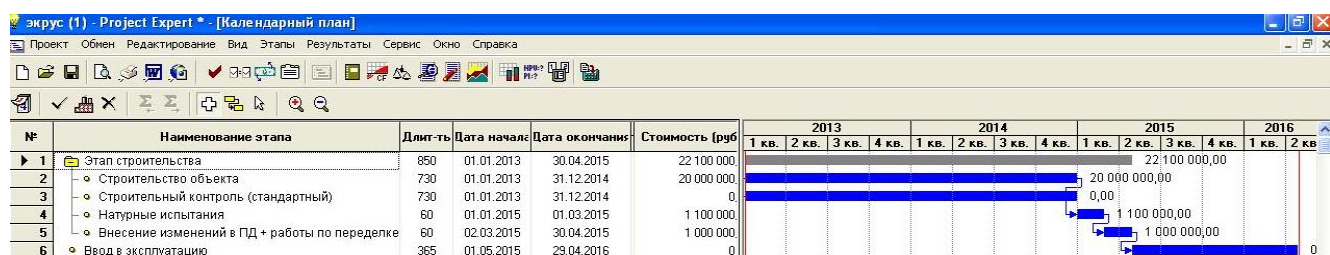


а)

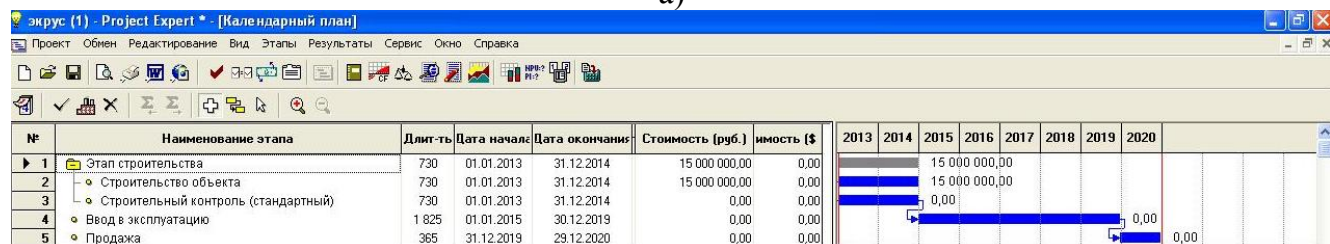


б)

Рисунок 4.3 – Компьютерные имитационные модели инвестиционно-строительных проектов на основе организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергоэффективности: а) для жилого здания; б) для здания общественного назначения



а)



б)

Рисунок 4.4 – Компьютерные имитационные модели инвестиционно-строительных проектов на основе применяемой системы контроля качества при устройстве НФС: а) для жилого здания; б) для здания общественного назначения

Показатель	Рубли	Доллар
► Ставка дисконтирования, %	12,00	0,00
Период окупаемости - РВ, мес.	30	30
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	31	30
Средняя норма рентабельности - ARR, %	70,64	70,64
Чистый приведенный доход - NPV	102 875 042	5 704 447
Индекс прибыльности - PI	1,93	2,30
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	69,98	69,98
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	36,77	29,14

а)

Показатель	Рубли	Доллар
► Ставка дисконтирования, %	12,00	0,00
Период окупаемости - РВ, мес.	31	31
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	32	31
Средняя норма рентабельности - ARR, %	63,95	63,95
Чистый приведенный доход - NPV	94 896 394	5 430 693
Индекс прибыльности - PI	1,80	2,13
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	62,14	62,14
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	33,14	25,49

б)

Рисунок 4.5 – Сравнение технико-экономических показателей эффективности инвестиционно-строительных проектов жилых зданий:

а) на основе организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергоэффективности; б) с учетом применяемой системы контроля качества

Показатель	Рубли	Доллар
► Ставка дисконтирования, %	12,00	0,00
Период окупаемости - РВ, мес.	90	90
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	95	90
Средняя норма рентабельности - ARR, %	27,96	27,96
Чистый приведенный доход - NPV	17 541 845	6 489 703
Индекс прибыльности - PI	1,14	2,24
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	14,48	14,48
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	13,74	10,59

а)

Показатель	Рубли	Доллар
► Ставка дисконтирования, %	12,00	0,00
Период окупаемости - РВ, мес.	90	90
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	95	90
Средняя норма рентабельности - ARR, %	26,85	26,85
Чистый приведенный доход - NPV	13 823 738	6 274 442
Индекс прибыльности - PI	1,11	2,15
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	13,95	13,95
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	13,32	10,03

б)

Рисунок 4.6 – Сравнение технико-экономических показателей эффективности инвестиционно-строительных проектов зданий общественного назначения:

а) на основе организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергоэффективности; б) с учетом применяемой системы контроля качества

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что практическая реализация разработанных в диссертационном исследовании организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергоэффективности дает возможность улучшить основные технико-экономические показатели эффективности инвестиционно-строительных проектов 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 %. Следует отметить, что затраты на внедрение в строительную организацию разработанных решений по организации строительного контроля с учетом параметров энергоэффективности заложены в стоимости обязательного строительного контроля.

4.3 Практическая реализация результатов

Практическая реализация полученных результатов диссертационного исследования осуществлена при строительстве следующих объектов города Челябинска: 3-х этажное кирпичное административное здание по улице Комсомольский проспект (рис. 4.7, а), 6-ти этажное каркасно-монолитное здание медицинского центра по улице Курчатова (рис. 4.7, б), 16-ти этажное каркасно-монолитное административное здание по улице Молодогвардейцев (рис. 4.7, в).



а)



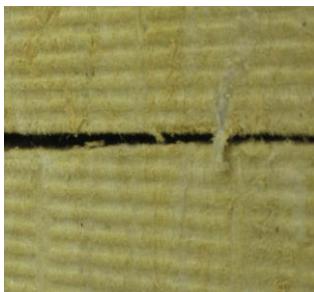
б)



в)

Рисунок 4.7 – Объекты гражданского строительства города Челябинска, на которых проводилась апробация результатов

Внедрение организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергоэффективности при осуществлении строительства позволило исключить значительные дефекты устройства НФС, тем самым повысив качество наружных ограждающих конструкций (рисунок 4.8).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.8 – Устройство теплоизоляционного слоя:

а) зазор в стыке плит утеплителя; б) заполненный зазор в стыке плит утеплителя; в) отслоение плит утеплителя от основания; г) выравнивание штукатурным составом неровности поверхности основания

В процессе проведения строительного контроля определение фактического значения приведенного сопротивления теплопередаче контролируемых захваток осуществлялось с помощью полученных в ходе проведения диссертационного исследования графиков определения коэффициента совместного влияния дефектов теплозащиты.

Реализация разработанных организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности использовались при разработке технологических карт и проектов производства работ. Расчет уточненного значения приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с устройством НФС, необходимого для заполнения энергетического паспорта здания, позволил дать оценку фактическому уровню теплозащиты стеновых ограждающих конструкций без проведения дорогостоящих натурных испытаний. В результате внедрения на объектах гражданского строительства достигнуты технический и экономический эффекты.

Практическая апробация результатов диссертационного исследования определила их внедрение в производственную деятельность строительных организаций: 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 [23, 99].

Результаты диссертационного исследования применяются в учебном процессе на кафедре «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета в преподавании следующих дисциплин: «Технология строительных процессов», «Современные методы управления качеством в строительстве», «Организация строительного производства». Научные результаты диссертационного исследования использованы в стандарте некоммерческого

партнерства «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний Урала и Сибири» СТ – НП СРО ССК – 02 – 2013 «Оценка энергетической эффективности зданий. Контроль соблюдения требований тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий» [23, 99, 126] (рисунок 4.9).

Копии актов внедрения результатов диссертационного исследования приведены в приложении Е.



Рисунок 4.9 – Стандарт СТ – НП СРО ССК – 02 – 2013

Выводы по главе 4

1. Разработаны организационные решения устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности, позволяющие классифицировать дефекты теплозащиты по степени влияния, оперативно диагностировать и устранять нарушения технологических процессов, дать достоверную оценку качества выполнения строительных работ при проверке соответствия объектов требованиям технических регламентов, а также устанавливать фактический уровень теплозащиты стеновых ограждающих конструкций без проведения трудоемких натурных испытаний, что дает возможность повысить достоверность данных энергопаспорта на этапе ввода здания в эксплуатацию с присвоением класса энергетической эффективности.

Разработанные технологические рекомендации устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности при осуществлении строительства позволяют исключить критические и значительные дефекты устройства НФС, тем самым повысив качество наружных ограждающих конструкций.

2. Результаты компьютерного имитационного моделирования инвестиционно-строительных проектов свидетельствуют о том, что практическая реализация разработанных в диссертационном исследовании организационных решений устройства НФС с учетом параметров энергетической эффективности позволяет улучшить основные технико-экономические показатели эффективности инвестиционно-строительных проектов за счет уменьшения непроизводительных затрат: уменьшить период окупаемости на 3–5 %, увеличить чистый дисконтированный доход на 11–23 %, увеличить индекс доходности на 7–8 %.

3. Опыт практической реализации результатов диссертационного исследования свидетельствует о целесообразности их внедрения в гражданское строительство.

ОСНОВНЫЕ ВЫВООДЫ

В результате проведенного диссертационного исследования сделаны следующие 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 характери-

стики 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 испы-

таний, 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 «Саморегулируемая организация Союз строительных компаний 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изложенные в данной работе методические подходы могут быть применены при изучении других конструктивно-технологических решений фасадов. В последующей работе предполагается выполнить исследования в следующих направлениях: изучение влияния дефектов строительных работ при устройстве наружных ограждающих конструкций на кратность воздухообмена, оценка качества устройства светопрозрачных конструкций на теплозащитные свойства зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, Е.В. Оптимизация диагностических систем теплового контроля: дис. ... д-ра техн. наук: 05.11.13 / Елена Вячеславовна Абрамова. – Москва, 2011. – 220 с.
2. Афанасьев, В.А. Поточная организация строительства / В.А. Афанасьев. – Л.: Стройиздат Ленинград. отд-ние, 1990. – 302 с.
3. Ахназарова, С.Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1978. – 319 с.
4. Байбурин, А.Х. Качество и безопасность строительных технологий / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 453 с.
5. Байбурин, А.Х. Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на их безопасность: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / Альберт Халитович Байбурин. – Санкт-Петербург, 2012. – 408 с.
6. Беляев, В.С. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий / В.С. Беляев, Л.П. Хохлова. – М.: Высшая школа, 1991. – 255 с.
7. Беляев, В.С. Энергоэффективность и теплозащита зданий: учеб. пособие для вузов по специальности 270102 «Пром. и гражд. стр-во»/ В.С. Беляев, Ю.Г. Граник, Ю.А. Матросов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 396 с.
8. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : учеб. для вузов / В.Н. Богословский. – СПб.: АВОК Северо-Запад, 2006. – 399 с.
9. Болотин, С.А. Организация строительного производства: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С.А. Болотин, А.Н. Вихров. – М.: Академия, 2007. – 2008 с.

10. Будадин, О.Н. Тепловой метод неразрушающего контроля и диагностики технологического состояния материалов, изделий и конструкций: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.11 / Будадин Олег Николаевич. – Санкт-Петербург, 2001. – 564 с.
11. Булгаков, С.Н. Проблемы национальной безопасности в сфере создания и эксплуатации городов, зданий, сооружений, пути их решения / С.Н. Булгаков // Промышленное и гражданское строительство. – 2002. – №3. – С. 3-6.
12. Булгаков, С.Н. Энергоэкономичные ширококорпусные жилые дома XXI века / С.Н. Булгаков, А.И. Виноградов, В.В. Леонтьев. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 296 с.
13. Вавилов, В.П. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве / В.П. Вавилов, А.Н. Александров. – М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2003. – 76 с.
14. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Н.И. Ватин, Д.В. Немова, П.П. Рымкевич, А.С. Горшков // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 8(34). – С. 4-14.
15. Гагарин, В.Г. Достоинства и недостатки применения ветрозащитных пленок в вентилируемых фасадах / В.Г. Гагарин // СтройПРОФиль. – 2008. – № 1(63). – С. 29-33.
16. Гагарин, В.Г. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов // АВОК. – 2010. – № 4. – С. 52-66.
17. Гагарин, В.Г. О некоторых теплотехнических ошибках, допускаемых при проектировании вентилируемых фасадов / В.Г. Гагарин // АВОК. – 2005. – № 2. – С. 44-52.
18. Гагарин, В.Г. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, И.А. Мехнецов // АВОК. – 2005. – № 8. – С. 60-74.

19. Гагарин, В.Г. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов // Строительные материалы. – 2010. – № 12. – С. 4-12.
20. Гагарин, В.Г. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором. Часть 1 / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, Е.Ю. Цыкановский // АВОК. – 2004. – № 2. – С. 20-28.
21. Гагарин, В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий / В.Г. Гагарин // Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – № 5. – С. 297-305.
22. Головнев, С.Г. Оценка влияния архитектурно-планировочных решений гражданских зданий на энергоэффективность / С.Г. Головнев, А.Е. Русанов // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 4. – С. 76-79.
23. Головнев, С.Г. Оценка теплозащитных свойств светопрозрачных конструкций при строительстве и эксплуатации зданий / С.Г. Головнев, А.Е. Русанов, К.М. Мозгалева // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 4. – С. 76-79.
24. Горшков, А.С. Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности / А.С. Горшков, Д.Ю. Попов, А.В. Глумов // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 3. – С. 5-8.
25. ГОСТ 12730.2-78. Бетоны. Метод определения влажности: введ. в действие 01.01.1980: взамен ГОСТ 12852.2-77. – М.: Стандартиформ, 2007. – 4 с.
26. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения: введ. в действие 01.07.1979. – М.: Издательство стандартов, 2009. – 22 с.
27. ГОСТ 17177-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний: введ. в действие 01.04.1996: взамен ГОСТ 17177-87. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 40 с.

28. ГОСТ 24297-2013.Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля: введ. в действие 01.01.2014: взамен ГОСТ 24297-87. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

29. ГОСТ 25380-82. Здания и сооружения. Метод измерения тепловых потоков, проходящих через ограждение конструкции: введ. в действие 01.01.1983. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 12 с.

30. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций: введ. в действие 01.01.1985. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 27 с.

31. ГОСТ 26629-85. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций: введ. в действие с 01.07.86. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 16 с.

32. ГОСТ 30256-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом: введ. в действие 01.01.1996. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 20 с.

33. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: введ. в действие с 01.01.2013: Взамен ГОСТ 30494-96. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.

34. ГОСТ 31166-2003. Конструкции ограждающие зданий и сооружений. Метод калориметрического определения коэффициента теплопередачи: введ. в действие с 01.07.2003. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 22 с.

35. ГОСТ 31167-2003. Здания и сооружения. Метод определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях: введ. в действие с 01.07.2003. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 27 с.

36. ГОСТ 31168-2003. Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление: введ. в действие 01.07.03. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 30 с.

37. ГОСТ Р 51387-1999. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения: введ. в действие 01.07.2000. – М.: Стандартинформ, 2008. – 20 с.
38. ГОСТ Р 51541-1999. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения: введ. в действие 01.07.2000. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 12 с.
39. ГОСТ Р 54853-2011. Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера: введ. в действие 01.05.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 40 с.
40. ГОСТ Р ИСО 9000-2008 (ISO 9000:2005). Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь: введ. в действие 10.09.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 31 с.
41. ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ISO 9001:2008). Системы менеджмента качества. Требования: введ. в действие 13.11.2009. – М.: Стандартинформ, 2009. – 26 с.
42. ГОСТ Р ИСО/ТО 10013-2007 (ISO/TR 10013:2001). Менеджмент организации. Руководство по документированию системы менеджмента качества: введ. в действие 31.10.2007. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
43. Градостроительный кодекс Российской Федерации: [федер. закон: принят Гос. Думой 22 дек. 2004 г.: по состоянию на 02 сент. 2013 г.]. – М.: Омега-Л, 2013. – 140 с.
44. Граник, Ю.Г. Применение фасадных систем в жилищно-гражданском строительстве / Ю.Г. Граник // Энергосбережение. – 2005. – № 4. – С. 84-90.
45. Грачев, И.Д. Энергоэффективное реформирование ЖКХ без роста тарифов / И.Д. Грачев // Энергосбережение. – 2011. – № 3. – С. 4-8.
46. Григоров, А.Г. Исследование влияния ветрового режима на теплообмен ограждающих конструкций зданий: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.03 / Артур Геннадьевич Григоров. – Волгоград, 2003. – 179 с.

47. Гурьянов, Н.С. Оценка и обеспечение тепловой надежности наружных стен эксплуатируемых зданий: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.03 / Николай Сергеевич Гурьянов. – Нижний Новгород, 2003. – 243 с.
48. Гусаков, А.А. Экспертные системы в проектировании и управлении строительством / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1993. – 294 с.
49. Данилов, Н.И. Основы энергосбережения / Н.И. Данилов, Я.Щ. Щелков. – М.: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 569 с.
50. Езерский, В.А. Влияние вентилируемого фасада на теплозащитные качества утеплителя / В.А. Езерский, П.В. Монастырев // Жилищное строительство. – 2003. – № 3. – С. 18-20.
51. Езерский, В.А. Коэффициент теплотехнической однородности наружных стен вентилируемых фасадов / В.А. Езерский, П.В. Монастырев, С.В. Федоров // Жилищное строительство. – 2004. – № 12. – С. 8-11.
52. Езерский, В.А. Крепежный каркас вентилируемого фасада и температурное поле наружной стены / В.А. Езерский, П.В. Монастырев // Жилищное строительство. – 2003. – № 10. – С. 15-17.
53. Завадскас, Э.-К.К. Комплексная оценка и выбор ресурсосберегающих решений в строительстве / Э.-К.К. Завадскас. – Вильнюс: Мокслакс, 1987. – 209 с.
54. Ивакина, Ю.Ю. Повышение эффективности вентилируемых фасадов с минераловатным утеплителем: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.05 / Юлия Юрьевна Ивакина. – Москва, 2007. – 125 с.
55. Ищук, М.К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки / М.К. Ищук. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2009. – 357 с.
56. Корниенко, С.В. Комплексная оценка теплозащиты ограждающих конструкций оболочки здания / С.В. Корниенко // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 7(33). – С. 43-49.

57. Корниенко, С.В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь в краевых зонах ограждающих конструкций / С.В. Корниенко. – Волгоград: ВолгГАСУ. – 2011. – 107 с.
58. Корниенко, С.В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций / С.В. Корниенко // Academia. Архитектура и строительство. – 2010. – № 3. – С. 348-351.
59. Кривошеин, А.Д. К вопросу о расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / А.Д. Кривошеин, С.В. Федоров // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 8(18). С. 21-27.
60. Кузнецова, Г. Теоретические и практические вопросы проектирования, строительства и контроля монтажа навесных фасадных систем с воздушным зазором / Г. Кузнецова // Технологии строительства. – 2008. – № 4(59). – С. 6-15.
61. Лapidус, А.А. Системотехнические основы автоматизации проектирования организационных структур крупномасштабного строительства: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.12 / Лapidус Азарий Абрамович. – Москва, 1997. – 40 с.
62. Лебедев, О.В. Тепловой метод неразрушающего контроля и диагностика строительных объектов: дис. ... к-та техн. наук: 05.02.11 / Олег Вадимович Лебедев. – Санкт-Петербург, 2004. – 258 с.
63. Лездин, Д.Ю. Практика применения тепловизионного контроля в строительстве / Д.Ю. Лездин // АВОК. – 2005. – № 7. – С. 64-70.
64. Леонтьева, Ю.Н. Прогнозирование динамики тепловлажностного состояния ограждающих конструкций жилых зданий Санкт-Петербурга и повышение их энергоэффективности: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.03 / Юлия Николаевна Леонтьева. – Санкт-Петербург, 2002. – 206 с.
65. Ливчак, В.И. О Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза по энергетическим характеристикам зданий / В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2006. – № 3. – С. 44-45.

66. Ливчак, В.И. Европейская тенденция повышения теплозащиты зданий: как она реализована в России / В.И. Ливчак // АВОК. – 2011. – № 6. – С. 64-72.
67. Ливчак, В.И. К вопросу о точности определения расхода теплоты на отопление жилых и общественных зданий / В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2008. – № 5. – С. 8-14.
68. Ливчак, В.И. Расчет теплопотребления эксплуатируемых зданий – основа энергосбережения / В.И. Ливчак // АВОК. – 2005. – № 7. – С. 4-10.
69. Ливчак, В.И. Энергетический паспорт проекта здания – инструмент повышения его энергоэффективности / В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2010. – № 8. – С. 38-44.
70. Ливчак, В.И. Энергетическая эффективность зданий. К чему приведет СП 50.13330.2012 «тепловая защита зданий», и как выполнить постановление Правительства России / В.И. Ливчак // Энергосвет. – 2013. – № 2(27). – С. 32-42.
71. Мазур, И.И. Управление качеством: учебное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М.: РИА «ОМЕГА», 2010. – 399 с.
72. Матросов, Ю.А. Сравнительный анализ новых территориальных норм России по энергетической эффективности жилых зданий и нового постановления Германии / Ю.А. Матросов // Энергосбережение. – 2002. – № 3. – С. 40-44.
73. Матросов, Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Новые МГСН 2.01-99 требуют проектирования энергоэффективных зданий / Ю.А. Матросов, В.И. Ливчак, Ю.Б. Щипанов // Энергосбережение. – 1999. – № 2. – С. 3-16.
74. Матросов, Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. – М.: НИИСФ, 2008. – 496 с.
75. Мачинский, В.Д. Теплотехнический основы строительства / В.Д. Мачинский. – М.: Стройиздат, 1949. – 325 с.
76. Машенков, А.Н. Теплотехническая однородность наружных стен с навесными вентилируемым фасадом u-коп / А.Н. Машенков, Е.В. Чебурканова // СтройПРОФиль. – 2008. – № 2(64). – С. 34-35.

77. МГСН 2.01-94. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению: введ. в действие 08.01.1994 г. – М.: ГУП «НИАЦ», 1994.

78. МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. (введ. в действие 23.02.1999 г.). – М.: ГУП «НИАЦ», 1999. – 79 с.

79. Международное Энергетическое Агентство. Управление энергоэффективностью. Справочное руководство. – 2-е изд. – ОЕСР/МЭА, 2011. – 71 с.

80. Международное Энергетическое Агентство. Ход выполнения политики энергоэффективности в странах «Большой Восьмерки»: В центре внимания Россия. – ОЕСР/МЭА, 2010. – 39 с.

81. Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники. МДС 23-1.2007 / ФГУП НИЦ «Строительство». – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 20 с.

82. Михеев, Д.А. Повышение тепловой эффективности наружных стеновых ограждений на основе анализа тепловизионных исследований: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.01 / Денис Александрович Михеев. – Красноярск, 2010. – 226 с.

83. Моделирование электромагнитных, тепловых и упругих полей методом конечных элементов. ELCUT. Версия 6.0. Руководство пользователя. / Производственный кооператив «ТОР». – Санкт-Петербург, 2013. – 295 с.

84. Монастырев, П.В. Физико-технические и конструктивно-технологические основы термомодернизации ограждающих конструкций жилых зданий (на примере центрально-черноземного региона): дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01 / Павел Владиславович Монастырев. – Тамбов, 2005. – 345 с.

85. Монфред, Ю.Б. Организация, планирование и управление предприятиями стройиндустрии / Ю.Б. Монфред, Б.В. Прыкин. – М.: Стройиздат, 1989. – 508 с.

86. Немова, Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем / Д.В. Немова // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 5. – С. 7-11.

87. Низкоэнергетический дом [Электронный ресурс].
http://ru.wikipedia.org/wiki/низкоэнергетический_дом.htm (дата обращения 10.04.2013).

88. Николаев, А.Е. О влиянии выбора конструктивного решения и технологии изготовления на повышение теплотехнической однородности и долговечности ограждающих конструкций / А.Е. Николаев // Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – № 5. – С. 329-335.

89. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: [указ Президента Российской Федерации от 04 июня 2008 г. № 889]. – Российская газета, 2008. – 07 апр. – № 4680.

90. О перечне национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: [распоряжение Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2010. – № 26, ст. 3405.

91. О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства: [постановление Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 468]. – Российская Бизнес-газета, 2010. – 27 июля. – № 760.

92. О составе разделов проектной документации и требований к их содержанию: [постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87]. – Российская газета, 2008. – 27 марта. – № 4598.

93. Об утверждении правил определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов и требования к указанию класса энергетической эффективности многоквартирного дома, размещаемого на фасаде много-

квартирного дома: [приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 8 апреля 2011 г. № 161]. – Российская газета, 2011. – 30 июня. – № 5495.

94. Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: [постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 18]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2011. – № 5, ст. 742.

95. Об утверждении требований к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, и энергетического паспорта, составленному на основании проектной документации: [приказ Министерства Энергетики РФ от 19 апреля 2010 г. № 182.: в ред. Приказа Минэнерго РФ от 08.12.2011 г.]. – Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, 2012. – 07 мая. – № 19.

96. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года: [распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 № 1715-р]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2009. – № 48, ст. 5836.

97. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: [федер. закон: принят Гос. Думой 11 нояб. 2009 г.: по состоянию на 25 дек. 2012 г.]. – М.: АСТ, 2012. – 80 с.

98. Олейник, П.П. Организация строительного производства / П.П. Олейник. – М.: Изд-во АСТ, 2010. – 575 с.

99. Оценка энергетической эффективности зданий. Контроль соблюдения требований тепловой защиты наружных ограждающих конструкций / А.Е. Русанов, С.Г. Головнев, К.М. Мозгалева, А.И. Абаимов // Техническое регулирование в строительстве: сборник материалов круглого стола, проведенного в рамках Меж-

дународной конференции. – Челябинск: ОАО «Челябинский Дом печати». – 2013. – С. 18-23.

100. Панибратов, Ю.П. Комплексная система повышения эффективности строительного производства / Ю.П. Панибратов. – Л.: Издательство ЛГУ, 1985. – 193 с.

101. Петров, Д.С. Энергетическая эффективность отапливаемых зданий с нормированным микроклиматом в помещениях / Д.С. Петров, Э.С. Василевская // Энергонадзор-информ. – 2011. – № 2(48). – С. 30-32.

102. ПОКАС(С). Частная программа обеспечения качества строительно-монтажных работ и предоставления услуг атомной станции / ЗАО «ЧШП». – Челябинск: ООО «УС БАЭС», 2009. – 81 с.

103. Предотвращение повреждений конструкций в жилищном строительстве: в 2-х т. Пер. с нем. / Е. Шильд, Р. Освальд, Д. Роджер, Х. Швайкерт. – М.: Стройиздат, 1980. – 188 с.

104. Программный план системы обеспечения качества РОУХО / СТР. – Д.: Парсонс, 1997. – 27 с.

105. Протасевич, А.М. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики / А.М. Протасевич, А.Б. Крутилин // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 8(26). – С. 57-62.

106. Р 454-81. Руководство по оценке качества строительства линейной части магистральных трубопроводов / ВНИИСТ. – М.: ВНИИСТ, 1983. – 61 с.

107. РД 11-02-2006. Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения: утв. 26.12.2006. – М.: Б.И., 2006. – 24 с.

108. РД 11-05-2007. Общий журнал работ. Порядок ведения общего и(или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства: введ. в действие 13.04.2007. – СПб.: ДЕАН, 2009. – 64 с.

109. РД 13-04-2006. Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах: введ. в действие 25.12.2006; Серия 28. Выпуск 11. – М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2007. – 32 с.

110. РД 50-149-79. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 122 с.

111. Русанов, А.Е. Анализ методов определения уровня теплозащиты ограждающих конструкций / А.Е. Русанов, А.Х. Байбурин // Техническое регулирование в строительстве: сборник материалов круглого стола, проведенного в рамках Международной конференции. – Челябинск: ОАО «Челябинский Дом печати». – 2013. – С. 24-27.

112. 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.

113. Русанов, А.Е. Исследование влияния дефектов устройства навесных фасадных систем на теплозащитные свойства стеновых ограждающих конструкций / А.Е. Русанов, С.Г. Головнев // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2014. – Вып. 2. – С. 92-95.

114. 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.

115. 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.

116. Савин, В.К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение / В.К. Савин. – М.: Лазурь, 2005. – 432 с.

117. Савин, В.К. Упрощенная модель минимизации расхода суммарной энергии, идущей на строительство и эксплуатацию зданий / В.К. Савин // Academia. Архитектура и строительство. – 2008. – № 1. – С. 80-84.

118. Садчиков, А.В. Влияние продольной фильтрации воздуха в утеплителе на теплозащитные свойства стен с вентилируемыми фасадами: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.01, 05.23.03 / Александр Викторович Садчиков. – Москва, 2007. – 248 с.

119. Салимова, Т.С. Управление качеством: учеб. По специальности «Менеджмент организации» / Т.С. Салимова. – 2-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2008. – 414 с.

120. Свод правил по проектированию и строительству: Организация строительства: СП 48.13330.2012: Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004: введ. в действие с 20.05.2011. – М.: Минрегион России, 2011 – 25 с.

121. Свод правил по проектированию и строительству: Проектирование тепловой защиты зданий: СП 23-101-2004: Утв. и введ. в действие с 01.06.2004: Взамен СП 23-101-2000. – М.: ФГУП ЦПП, 2005 – 139 с.

122. Свод правил по проектированию и строительству: Тепловая защита зданий: СП 50.13330.2012: Актуализированная редакция СНиП 23-101-2004: введ. в действие с 30.07.2012. – М.: Минрегион России, 2012 – 100 с.

123. Сеппанен, О. Политика Европы в области повышения энергетической эффективности зданий / О. Сеппанен, Ф. Аллард // Энергосбережение. – 2008. – № 6. – С. 72-81.

124. Сеппанен, О. Требования к энергоэффективности зданий в странах ЕС / О. Сеппанен // Энергосбережение. – 2010. – № 7. – С. 42-51.

125. Сопротивление теплопередаче стен с навесными теплоизоляционными фасадами / И.А. Подласова, В.Ю. Чернетта, Н.О. Копаница, Е.В. Солодников // АВОК. – 2005. – № 3. – С. 54-64.

126. СТ-НП СРО ССК-042-2013. Оценка энергетической эффективности зданий. Контроль соблюдения требований тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий – Челябинск: Челябинский Дом печати, 2013. – 25 с.

127. СТО НОСТРОЙ 2.14.67-2012. Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ. – М.: Издательство БСТ. – 50 с.

128. Строительные нормы и правила Российской Федерации: Здания жилые многоквартирные: СНиП 31-01-2003: Введ. в действие 01.10.03: Взамен СНиП 2.08.01-89*. – М.: Госстрой России, 2004. – 20 с.

129. Строительные нормы и правила Российской Федерации: Тепловая защита зданий: СНиП 23-02-2003: Введ. в действие 01.10.03: Взамен СНиП II-3-79*. – М.: Госстрой России, 2004. – 25 с.

130. Табунщиков, Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.

131. Табунщиков, Ю.А. Российская концепция нормирования энергоэффективности зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков, С.В. Пугачев, А.Л. Наумов, Е.Н. Фадеева // АВОК. – 2011. – № 8. – С. 4-16.

132. Табунщиков, Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков, Ю.А. Матросов, Д.Ю. Хромец. – М.: Стройиздат. – 1986. – 380 с.
133. Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200 с.
134. Теличенко, В.И. Информационное моделирование технологий и бизнес-процессов в строительстве / В.И. Теличенко, А.А. Лapidус. – М.: Высш. шк., 2008. – 446 с.
135. Тепловая защита зданий на севере. Материалы, изделия и конструкции / А.Е. Местников, П.С. Абрамова, Т.С. Антипкина, А.Д. Егорова. – М.: АСВ, 2009. – 236 с.
136. Тепловой неразрушающий контроль зданий и строительных сооружений / О.Н. Будадин, Е.В. Абрамова, М.А. Родин, О.В. Лебедев // Дефектоскопия. – 2003. – № 5. – С. 77-94.
137. Теплозащита наружных стен зданий с облицовкой из кирпичной кладки / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, С.И. Крышов, О.И. Пономарев // АВОК. – 2009. – № 5. – С. 48-60.
138. Терешкова, А.В. Исследование деформативности и совершенствование конструктивных решений элементов каркаса фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.01 / Александра Викторовна Терешкова. – Красноярск, 2007. – 233 с.
139. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: [федер. закон: принят Гос. Думой 23 декаб. 2009 г.: по состоянию на 02 июля 2013 г.]. – СПб.: ДЕАН, 2013. – 48 с.
140. Управление качеством строительной продукции. Техническое регулирование безопасности и качества в строительстве: учебное пособие / С.К. Сергеев, В.И. Теличенко, В.И. Колчунов и др. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 512 с.

141. Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов / В. Файст; Пер. с нем. В. Файст; Под. ред. А.Е. Елохова. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 144 с.
142. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. – М.: «АВОК-ПРЕСС», 2006. – 256 с.
143. Хартман, К. Планирование эксперимента в исследованиях технологических процессов / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер; Пер. с нем. Г.А. Фомина, Н.С. Лецкого; Под ред. Э.К. Лецкого. – М.: Мир, 1977. – 522 с.
144. Хлевчук, В.Р. Теплотехнические и звукоизоляционные качества ограждений домов повышенной этажности / В.Р. Хлевчук. – М.: Стройиздат, 1979. – 255 с.
145. Хохлявин, С.А. Стандарт ИСО 50001 – системный подход к энергоменеджменту / С.А. Хохлявин // Сертификация. – 2009. – № 3. – С. 36-39.
146. Хуторной, А.Н. Оценка влияния глубины заложения и теплопроводности коннекторов на теплозащитные свойства керамзито-бетонных наружных стен / А.Н. Хуторной, А.В. Колесникова // Известия вузов. Строительство. – 2004. – № 10. – С. 4-8.
147. Шойхет, Б.М. Нормирование расчетных характеристик теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях зданий / Б.М. Шойхет // Энергосбережение. – 2010. – № 8. – С. 66-70.
148. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года: [распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2011. – № 4, ст. 622.
149. Ayman Khalid Elsadig. Energy Efficiency in Commercial Buildings. – University of Stratchclyde, June, 2005. – 100 p.
150. Design Guidelines for Energy Efficient Buildings in Johannesburg. – City of Joburg, Gauge, CSIR, 2008. – 72 p.

151. Directive 93/76/EC of the European Parliament and of the Council of 13 September 1993 to Limit Carbon Dioxide Emissions by Improving energy Efficiency (SAVE). Official Journal L. 237, 22.09.1993, pp. 28-30.

152. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal, 04.01.2003, pp. 65-70.

153. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings. Official Journal, 18.06.2010, pp. 13-35.

154. Energy Efficiency in the Shade. Global Strategy for Energy Efficient Buildings, IEA Working for G8. – OECD/IEA, 2008 – 61 p.

155. RELaw Assist. Renewable Energy Law in China – Issues Paper. – Renewable Energy Generators Australia Ltd, June, 2007. – 75 p.

156. Renewable energy & energy efficiency partnership (REEEP). Building Energy Efficiency Codes in Russia and Kazakhstan [Электронный ресурс]. <http://www.reeep.org/search/node/energy%20efficiency.htm> (дата обращения 20.12.2012).

157. Residential Requirements of the 2009 International Energy Conservation Code. – U.S. Department of Energy, 2009. – 66 p.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А Матрица плана и результаты определения совместного
влияния значимых факторов на теплозащиту фрагмента глухого участка
стеновой ограждающей конструкции с НФС**

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	$R_{O,def}^{np}$	R_O^{np}	Коэфф. совместного влияния значимых факторов - k_j		$(\tilde{y}_{j(EXP)} - \hat{y}_{j(MOD)})^2$
										$\tilde{y}(k_j)_{EXP}$	$\hat{y}(k_j)_{MOD}$	
1	-	-	-	-	-	-	-	2,28179	2,28179	1,00000	1,021011	0,000441474
2	+	-	-	-	-	-	-	2,13503	2,28179	0,93568	0,861119	0,005559326
3	-	+	-	-	-	-	-	2,26720	2,28179	0,99361	0,981406	0,000148809
4	+	+	-	-	-	-	-	2,12137	2,28179	0,92970	0,834322	0,009096264
5	-	-	+	-	-	-	-	1,49056	2,28179	0,65324	0,639580	0,000186593
6	+	-	+	-	-	-	-	1,39469	2,28179	0,61122	0,656165	0,002019741
7	-	+	+	-	-	-	-	1,48103	2,28179	0,64906	0,625539	0,000553358
8	+	+	+	-	-	-	-	1,38577	2,28179	0,60731	0,654932	0,002267387
9	-	-	-	+	-	-	-	6,32046	6,32046	1,00000	1,048439	0,00234632
10	+	-	-	+	-	-	-	5,98459	6,32046	0,94686	0,913262	0,001128803
11	-	+	-	+	-	-	-	6,18720	6,32046	0,97892	1,004102	0,000634332
12	+	+	-	+	-	-	-	5,85841	6,32046	0,92690	0,881734	0,0020397
13	-	-	+	+	-	-	-	5,50285	6,32046	0,87064	0,731137	0,01946113
14	+	-	+	+	-	-	-	5,21042	6,32046	0,82437	0,772438	0,002697412
15	-	+	+	+	-	-	-	5,38682	6,32046	0,85228	0,712364	0,019577483
16	+	+	+	+	-	-	-	5,10057	6,32046	0,80699	0,766473	0,001641918
17	-	-	-	-	+	-	-	1,40435	1,40435	1,00000	1,036791	0,001353565
18	+	-	-	-	+	-	-	1,14335	1,40435	0,81415	0,770459	0,001908941
19	-	+	-	-	+	-	-	1,34611	1,40435	0,95853	1,012447	0,002907023
20	+	+	-	-	+	-	-	1,09594	1,40435	0,78039	0,758922	0,000460735
21	-	-	+	-	+	-	-	0,73419	1,40435	0,52280	0,525744	8,66777E-06
22	+	-	+	-	+	-	-	0,59774	1,40435	0,42564	0,435889	0,000105092
23	-	+	+	-	+	-	-	0,70375	1,40435	0,50112	0,526964	0,000667937
24	+	+	+	-	+	-	-	0,57296	1,40435	0,40799	0,449917	0,001758159
25	-	-	-	+	+	-	-	1,64076	1,64076	1,00000	0,930611	0,004814806
26	+	-	-	+	+	-	-	1,22015	1,64076	0,74365	0,688995	0,00298721
27	-	+	-	+	+	-	-	1,59789	1,64076	0,97387	0,901536	0,005232767

Продолжение Приложения А

28	+	+	–	+	+	–	–	1,18827	1,64076	0,72422	0,672727	0,002651643
29	–	–	+	+	+	–	–	0,56547	1,64076	0,34464	0,483694	0,019335932
30	+	–	+	+	+	–	–	0,42051	1,64076	0,25629	0,418554	0,026329224
31	–	+	+	+	+	–	–	0,55070	1,64076	0,33564	0,480182	0,020893592
32	+	+	+	+	+	–	–	0,40953	1,64076	0,24960	0,427850	0,031774817
33	–	–	–	–	–	+	–	8,39804	8,39804	1,00000	0,937561	0,003898576
34	+	–	–	–	–	+	–	4,09657	8,39804	0,48780	0,589193	0,010280567
35	–	+	–	–	–	+	–	7,60437	8,39804	0,90549	0,872716	0,001074358
36	+	+	–	–	–	+	–	3,70941	8,39804	0,44170	0,537156	0,009111847
37	–	–	+	–	–	+	–	1,52786	8,39804	0,18193	0,276979	0,009034332
38	+	–	+	–	–	+	–	0,74529	8,39804	0,08875	0,105088	0,00026708
39	–	+	+	–	–	+	–	1,38346	8,39804	0,16474	0,237698	0,005323344
40	+	+	+	–	–	+	–	0,67485	8,39804	0,08036	0,078615	3,04126E-06
41	–	–	–	+	–	+	–	12,43671	12,43671	1,00000	1,056387	0,003179548
42	+	–	–	+	–	+	–	8,79711	12,43671	0,70735	0,732735	0,000644392
43	–	+	–	+	–	+	–	11,37839	12,43671	0,91490	0,986811	0,005170629
44	+	+	–	+	–	+	–	8,04850	12,43671	0,64716	0,675966	0,00082995
45	–	–	+	+	–	+	–	5,53148	12,43671	0,44477	0,459934	0,000229959
46	+	–	+	+	–	+	–	3,91269	12,43671	0,31461	0,312759	3,41898E-06
47	–	+	+	+	–	+	–	5,06077	12,43671	0,40692	0,415921	8,09942E-05
48	+	+	+	+	–	+	–	3,57973	12,43671	0,28784	0,281554	3,94661E-05
49	–	–	–	–	+	+	–	7,52060	7,52060	1,00000	0,910481	0,008013644
50	+	–	–	–	+	+	–	2,52677	7,52060	0,33598	0,455673	0,014326336
51	–	+	–	–	+	+	–	6,77023	7,52060	0,90023	0,860897	0,001546743
52	+	+	–	–	+	+	–	2,27466	7,52060	0,30246	0,418896	0,013557921
53	–	–	+	–	+	+	–	0,83403	7,52060	0,11090	0,120283	8,80447E-05
54	+	–	+	–	+	+	–	0,28022	7,52060	0,03726	-0,158048	0,038145257
55	–	+	+	–	+	+	–	0,75082	7,52060	0,09983	0,096263	1,27613E-05
56	+	+	+	–	+	+	–	0,25226	7,52060	0,03354	-0,169261	0,041129104
57	–	–	–	+	+	+	–	7,75701	7,75701	1,00000	0,895700	0,010878505
58	+	–	–	+	+	+	–	2,75831	7,75701	0,35559	0,465607	0,012103794
59	–	+	–	+	+	+	–	7,29026	7,75701	0,93983	0,841384	0,009691313
60	+	+	–	+	+	+	–	2,59234	7,75701	0,33419	0,424099	0,008083
61	–	–	+	+	+	+	–	0,94845	7,75701	0,12227	0,169631	0,002243095
62	+	–	+	+	+	+	–	0,33726	7,75701	0,04348	-0,083984	0,016246592
63	–	+	+	+	+	+	–	0,89138	7,75701	0,11491	0,140879	0,000674249
64	+	+	+	+	+	+	–	0,31697	7,75701	0,04086	-0,099928	0,019821911

Продолжение Приложения А

65	–	–	–	–	–	–	+	1,53102	1,53102	1,00000	1,049360	0,002436443
66	+	–	–	–	–	–	+	1,49559	1,53102	0,97686	0,955466	0,00045771
67	–	+	–	–	–	–	+	1,50915	1,53102	0,98572	1,000268	0,000211688
68	+	+	–	–	–	–	+	1,47423	1,53102	0,96291	0,919182	0,001912102
69	–	–	+	–	–	–	+	1,44660	1,53102	0,94486	0,869118	0,005736852
70	+	–	+	–	–	–	+	1,41312	1,53102	0,92300	0,951701	0,000823964
71	–	+	+	–	–	–	+	1,42594	1,53102	0,93137	0,845590	0,007357602
72	+	+	+	–	–	–	+	1,39294	1,53102	0,90981	0,940980	0,000971317
73	–	–	–	+	–	–	+	5,56968	5,56968	1,00000	1,094820	0,008990764
74	+	–	–	+	–	–	+	5,53487	5,56968	0,99375	1,025641	0,001017024
75	–	+	–	+	–	–	+	5,20753	5,56968	0,93498	1,040996	0,011239696
76	+	+	–	+	–	–	+	5,17499	5,56968	0,92913	0,984625	0,003079153
77	–	–	+	+	–	–	+	5,46926	5,56968	0,98197	0,978707	1,06503E-05
78	+	–	+	+	–	–	+	5,43508	5,56968	0,97583	1,086005	0,012137921
79	–	+	+	+	–	–	+	5,11364	5,56968	0,91812	0,950447	0,001044959
80	+	+	+	+	–	–	+	5,08168	5,56968	0,91238	1,070553	0,025017868
81	–	–	–	–	+	–	+	0,65357	0,65357	1,00000	1,123798	0,01532591
82	+	–	–	–	+	–	+	0,59573	0,65357	0,91150	0,923463	0,00014312
83	–	+	–	–	+	–	+	0,65057	0,65357	0,99541	1,089967	0,008941417
84	+	+	–	–	+	–	+	0,59299	0,65357	0,90731	0,902440	2,37563E-05
85	–	–	+	–	+	–	+	0,57020	0,65357	0,87244	0,813940	0,00342225
86	+	–	+	–	+	–	+	0,51974	0,65357	0,79523	0,790083	2,64856E-05
87	–	+	+	–	+	–	+	0,56758	0,65357	0,86843	0,805673	0,003938909
88	+	+	+	–	+	–	+	0,51735	0,65357	0,79158	0,794623	9,27915E-06
89	–	–	–	+	+	–	+	0,88998	0,88998	1,00000	1,035650	0,001270921
90	+	–	–	+	+	–	+	0,83177	0,88998	0,93459	0,860031	0,005559031
91	–	+	–	+	+	–	+	0,88158	0,88998	0,99056	0,997087	4,26314E-05
92	+	+	–	+	+	–	+	0,82391	0,88998	0,92577	0,834276	0,0083703
93	–	–	+	+	+	–	+	0,83412	0,88998	0,93723	0,789921	0,021699839
94	+	–	+	+	+	–	+	0,77956	0,88998	0,87593	0,790780	0,007249859
95	–	+	+	+	+	–	+	0,82624	0,88998	0,92838	0,776922	0,022939582
96	+	+	+	+	+	–	+	0,77220	0,88998	0,86766	0,790589	0,005939259
97	–	–	–	–	–	+	+	3,70568	3,70568	1,00000	0,906600	0,008723548
98	+	–	–	–	–	+	+	2,66535	3,70568	0,71926	0,624229	0,009030806
99	–	+	–	–	–	+	+	3,17265	3,70568	0,85616	0,832268	0,000570784
100	+	+	–	–	–	+	+	2,28196	3,70568	0,61580	0,562705	0,002819165
101	–	–	+	–	–	+	+	1,51251	3,70568	0,40816	0,447207	0,001524638

Окончание Приложения А

102	+	—	+	—	—	+	+	1,08789	3,70568	0,29357	0,341313	0,002279113
103	—	+	+	—	—	+	+	1,29495	3,70568	0,34945	0,398438	0,002399856
104	+	+	+	—	—	+	+	0,93141	3,70568	0,25135	0,305353	0,002916794
105	—	—	—	+	—	+	+	7,74435	7,74435	1,00000	1,043458	0,001888588
106	+	—	—	+	—	+	+	6,74146	7,74435	0,87050	0,785803	0,007173591
107	—	+	—	+	—	+	+	7,37857	7,74435	0,95277	0,964394	0,000135154
108	+	+	—	+	—	+	+	6,42304	7,74435	0,82938	0,719547	0,012064383
109	—	—	+	+	—	+	+	5,52079	7,74435	0,71288	0,648194	0,004184324
110	+	—	+	+	—	+	+	4,80585	7,74435	0,62056	0,567016	0,002867184
111	—	+	+	+	—	+	+	5,26003	7,74435	0,67921	0,594693	0,007142951
112	+	+	+	+	—	+	+	4,57886	7,74435	0,59125	0,526324	0,004215669
113	—	—	—	—	+	+	+	2,82824	2,82824	1,00000	0,938178	0,003822001
114	+	—	—	—	+	+	+	1,38157	2,82824	0,48849	0,549367	0,003706006
115	—	+	—	—	+	+	+	2,68561	2,82824	0,94957	0,879106	0,004965263
116	+	+	—	—	+	+	+	1,31189	2,82824	0,46386	0,503103	0,001540369
117	—	—	+	—	+	+	+	0,78868	2,82824	0,27886	0,349169	0,004943313
118	+	—	+	—	+	+	+	0,38526	2,82824	0,13622	0,136835	3,78114E-07
119	—	+	+	—	+	+	+	0,74891	2,82824	0,26480	0,315661	0,002587122
120	+	+	+	—	+	+	+	0,36583	2,82824	0,12935	0,116136	0,000174645
121	—	—	—	+	+	+	+	3,06465	3,06465	1,00000	0,941428	0,003430643
122	+	—	—	+	+	+	+	1,61397	3,06465	0,52664	0,577333	0,00256981
123	—	+	—	+	+	+	+	2,70531	3,06465	0,88275	0,877625	2,62313E-05
124	+	+	—	+	+	+	+	1,42472	3,06465	0,46489	0,526338	0,003775887
125	—	—	+	+	+	+	+	0,92696	3,06465	0,30247	0,416549	0,013013919
126	+	—	+	+	+	+	+	0,48818	3,06465	0,15929	0,228931	0,004849449
127	—	+	+	+	+	+	+	0,81827	3,06465	0,26700	0,378309	0,012388765
128	+	+	+	+	+	+	+	0,43094	3,06465	0,14062	0,203499	0,003954416

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Матрица плана и результаты определения совместного влияния значимых факторов на теплозащиту фрагмента участка стеновой ограждающей конструкции с НФС в зоне плиты перекрытия

№	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	$R_{O,def}^{np}$	R_O^{np}	Коэфф. совместного влияния значимых факторов - k_j		$(\tilde{y}_{j(EXP)} - \hat{y}_{j(MOD)})^2$
										$\tilde{y}(k_j)_{EXP}$	$\hat{y}(k_j)_{MOD}$	
1	-	-	-	-	-	-	-	2,54392	2,54392	1,00000	0,956159	0,001922041
2	+	-	-	-	-	-	-	1,98998	2,54392	0,78225	0,706888	0,005679501
3	-	+	-	-	-	-	-	2,48933	2,54392	0,97854	0,932982	0,002075628
4	+	+	-	-	-	-	-	1,94728	2,54392	0,76546	0,692325	0,005349378
5	-	-	+	-	-	-	-	1,20312	2,54392	0,47294	0,466217	4,5175E-05
6	+	-	+	-	-	-	-	0,94114	2,54392	0,36996	0,415860	0,002107149
7	-	+	+	-	-	-	-	1,17730	2,54392	0,46279	0,457894	2,39613E-05
8	+	+	+	-	-	-	-	0,92094	2,54392	0,36202	0,416151	0,00293046
9	-	-	-	+	-	-	-	1,52650	1,52650	1,00000	1,071714	0,005142951
10	+	-	-	+	-	-	-	1,25223	1,52650	0,82032	0,787431	0,001082033
11	-	+	-	+	-	-	-	1,51013	1,52650	0,98927	1,046811	0,003310893
12	+	+	-	+	-	-	-	1,23879	1,52650	0,81152	0,771141	0,001630738
13	-	-	+	+	-	-	-	0,77853	1,52650	0,51001	0,531988	0,000483103
14	+	-	+	+	-	-	-	0,63865	1,52650	0,41837	0,446618	0,000797798
15	-	+	+	+	-	-	-	0,77018	1,52650	0,50454	0,521939	0,000302854
16	+	+	+	+	-	-	-	0,63180	1,52650	0,41388	0,445183	0,000979624
17	-	-	-	-	+	-	-	9,27884	9,27884	1,00000	0,878383	0,014790736
18	+	-	-	-	+	-	-	3,27791	9,27884	0,35327	0,472722	0,014269302
19	-	+	-	-	+	-	-	8,59188	9,27884	0,92597	0,843001	0,00688311
20	+	+	-	-	+	-	-	3,03523	9,27884	0,32711	0,445954	0,014122989
21	-	-	+	-	+	-	-	1,22004	9,27884	0,13149	0,218595	0,007587983
22	+	-	+	-	+	-	-	0,43100	9,27884	0,04645	0,011848	0,001197289
23	-	+	+	-	+	-	-	1,12972	9,27884	0,12175	0,198068	0,005824192
24	+	+	+	-	+	-	-	0,39909	9,27884	0,04301	-0,000065	0,001855575
25	-	-	-	+	+	-	-	7,78436	7,78436	1,00000	0,880370	0,014311279
26	+	-	-	+	+	-	-	2,65445	7,78436	0,34100	0,439696	0,009741433
27	-	+	-	+	+	-	-	7,20805	7,78436	0,92597	0,843262	0,006839871

Продолжение Приложения Б

28	+	+	-	+	+	-	-	2,45793	7,78436	0,31575	0,411202	0,009110674
29	-	-	+	+	+	-	-	0,84537	7,78436	0,10860	0,170799	0,003868848
30	+	-	+	+	+	-	-	0,28827	7,78436	0,03703	-0,070962	0,011662619
31	-	+	+	+	+	-	-	0,78279	7,78436	0,10056	0,148545	0,002302709
32	+	+	+	+	+	-	-	0,26693	7,78436	0,03429	-0,084602	0,01413526
33	-	-	-	-	-	+	-	1,59918	1,59918	1,00000	1,058203	0,003387536
34	+	-	-	-	-	+	-	1,40269	1,59918	0,87713	0,838543	0,0014893
35	-	+	-	-	-	+	-	1,58545	1,59918	0,99142	1,038664	0,002232314
36	+	+	-	-	-	+	-	1,39065	1,59918	0,86961	0,827618	0,001762952
37	-	-	+	-	-	+	-	1,18405	1,59918	0,74041	0,702537	0,00143463
38	+	-	+	-	-	+	-	1,03857	1,59918	0,64944	0,681791	0,001046451
39	-	+	+	-	-	+	-	1,17389	1,59918	0,73406	0,697853	0,001310828
40	+	+	+	-	-	+	-	1,02966	1,59918	0,64387	0,685721	0,001751666
41	-	-	-	+	-	+	-	0,75849	0,75849	1,00000	1,204960	0,042008566
42	+	-	-	+	-	+	-	0,69615	0,75849	0,91781	0,950287	0,001054782
43	-	+	-	+	-	+	-	0,75433	0,75849	0,99452	1,183695	0,035788114
44	+	+	-	+	-	+	-	0,69233	0,75849	0,91278	0,937636	0,000617923
45	-	-	+	+	-	+	-	0,70675	0,75849	0,93179	0,799511	0,017498501
46	+	-	+	+	-	+	-	0,64866	0,75849	0,85521	0,743752	0,012422617
47	-	+	+	+	-	+	-	0,70288	0,75849	0,92668	0,793100	0,017844628
48	+	+	+	+	-	+	-	0,64511	0,75849	0,85052	0,745955	0,010933806
49	-	-	-	-	+	+	-	4,10343	4,10343	1,00000	0,887547	0,012645636
50	+	-	-	-	+	+	-	2,05624	4,10343	0,50110	0,511497	0,000108036
51	-	+	-	-	+	+	-	3,92577	4,10343	0,95671	0,855804	0,010181244
52	+	+	-	-	+	+	-	1,96722	4,10343	0,47941	0,488368	8,02671E-05
53	-	-	+	-	+	+	-	1,21498	4,10343	0,29609	0,362037	0,004349084
54	+	-	+	-	+	+	-	0,60883	4,10343	0,14837	0,184900	0,001334373
55	-	+	+	-	+	+	-	1,16238	4,10343	0,28327	0,345148	0,003828846
56	+	+	+	-	+	+	-	0,58247	4,10343	0,14195	0,176625	0,001202536
57	-	-	-	+	+	+	-	2,98405	2,98405	1,00000	0,920737	0,006282701
58	+	-	-	+	+	+	-	1,48951	2,98405	0,49916	0,509673	0,000110585
59	-	+	-	+	+	+	-	2,84496	2,98405	0,95339	0,887267	0,004372356
60	+	+	-	+	+	+	-	1,42008	2,98405	0,47589	0,484817	7,96624E-05
61	-	-	+	+	+	+	-	0,81775	2,98405	0,27404	0,345442	0,00509809
62	+	-	+	+	+	+	-	0,40819	2,98405	0,13679	0,133292	1,22305E-05
63	-	+	+	+	+	+	-	0,77964	2,98405	0,26127	0,326827	0,004297931
64	+	+	+	+	+	+	-	0,38916	2,98405	0,13041	0,123291	5,07371E-05

Продолжение Приложения Б

65	–	–	–	–	–	–	+	1,22937	2,54392	0,48326	0,506230	0,000527612
66	+	–	–	–	–	–	+	0,96168	2,54392	0,37803	0,351369	0,000710822
67	–	+	–	–	–	–	+	1,20299	2,54392	0,47289	0,490153	0,000298044
68	+	+	–	–	–	–	+	0,94104	2,54392	0,36992	0,343907	0,0006766
69	–	–	+	–	–	–	+	0,58142	2,54392	0,22855	0,189273	0,001542799
70	+	–	+	–	–	–	+	0,45481	2,54392	0,17878	0,233327	0,002974788
71	–	+	+	–	–	–	+	0,56894	2,54392	0,22365	0,188052	0,001267051
72	+	+	+	–	–	–	+	0,44505	2,54392	0,17495	0,240719	0,004325722
73	–	–	–	+	–	–	+	1,35680	1,52650	0,88883	0,834316	0,002971731
74	+	–	–	+	–	–	+	1,11302	1,52650	0,72913	0,644443	0,007171829
75	–	+	–	+	–	–	+	1,34224	1,52650	0,87929	0,816514	0,00394126
76	+	+	–	+	–	–	+	1,10108	1,52650	0,72131	0,635254	0,007405001
77	–	–	+	+	–	–	+	0,69198	1,52650	0,45331	0,467576	0,000203499
78	+	–	+	+	–	–	+	0,56765	1,52650	0,37186	0,476616	0,010973382
79	–	+	+	+	–	–	+	0,68456	1,52650	0,44845	0,464628	0,000261825
80	+	+	+	+	–	–	+	0,56156	1,52650	0,36787	0,482282	0,013089521
81	–	–	–	–	+	–	+	2,47776	9,27884	0,26703	0,455636	0,035570661
82	+	–	–	–	+	–	+	0,87531	9,27884	0,09433	0,144385	0,00250505
83	–	+	–	–	+	–	+	2,29433	9,27884	0,24726	0,427355	0,032432707
84	+	+	–	–	+	–	+	0,81051	9,27884	0,08735	0,124718	0,001396329
85	–	–	+	–	+	–	+	0,32579	9,27884	0,03511	-0,031166	0,004392632
86	+	–	+	–	+	–	+	0,11509	9,27884	0,01240	-0,143503	0,024306879
87	–	+	+	–	+	–	+	0,30167	9,27884	0,03251	-0,044592	0,005944977
88	+	+	+	–	+	–	+	0,10657	9,27884	0,01149	-0,148315	0,025536291
89	–	–	–	+	+	–	+	5,83495	7,78436	0,74957	0,670155	0,006307284
90	+	–	–	+	+	–	+	1,98970	7,78436	0,25560	0,323891	0,004663268
91	–	+	–	+	+	–	+	5,40296	7,78436	0,69408	0,640148	0,002908596
92	+	+	–	+	+	–	+	1,84239	7,78436	0,23668	0,302497	0,00433202
93	–	–	+	+	+	–	+	0,63367	7,78436	0,08140	0,133569	0,002721349
94	+	–	+	+	+	–	+	0,21608	7,78436	0,02776	-0,013781	0,001725518
95	–	+	+	+	+	–	+	0,58676	7,78436	0,07538	0,118417	0,001852489
96	+	+	+	+	+	–	+	0,20008	7,78436	0,02570	-0,020320	0,002118132
97	–	–	–	–	–	+	+	0,93716	1,59918	0,58603	0,592607	4,3283E-05
98	+	–	–	–	–	+	+	0,82202	1,59918	0,51403	0,467358	0,002177885
99	–	+	–	–	–	+	+	0,92912	1,59918	0,58100	0,580170	6,86638E-07
100	+	+	–	–	–	+	+	0,81496	1,59918	0,50961	0,463534	0,002123343
101	–	–	+	–	–	+	+	0,69389	1,59918	0,43390	0,409928	0,000574818

Окончание Приложения Б

102	+	-	+	-	-	+	+	0,60863	1,59918	0,38059	0,483592	0,010609106
103	-	+	+	-	-	+	+	0,68793	1,59918	0,43018	0,412345	0,00031806
104	+	+	+	-	-	+	+	0,60341	1,59918	0,37732	0,494623	0,013758764
105	-	-	-	+	-	+	+	0,66909	0,75849	0,88214	0,951896	0,004865258
106	+	-	-	+	-	+	+	0,61410	0,75849	0,80964	0,791634	0,000324274
107	-	+	-	+	-	+	+	0,66543	0,75849	0,87731	0,937732	0,003651027
108	+	+	-	+	-	+	+	0,61073	0,75849	0,80520	0,786083	0,000365539
109	-	-	+	+	-	+	+	0,62346	0,75849	0,82198	0,719433	0,010515076
110	+	-	+	+	-	+	+	0,57222	0,75849	0,75442	0,758084	1,34414E-05
111	-	+	+	+	-	+	+	0,62004	0,75849	0,81747	0,720123	0,009476259
112	+	+	+	+	-	+	+	0,56908	0,75849	0,75028	0,767388	0,000292634
113	-	-	-	-	+	+	+	1,64284	4,10343	0,40036	0,449134	0,002379052
114	+	-	-	-	+	+	+	0,82323	4,10343	0,20062	0,167495	0,001097373
115	-	+	-	-	+	+	+	1,57172	4,10343	0,38303	0,424492	0,001719454
116	+	+	-	-	+	+	+	0,78759	4,10343	0,19194	0,151466	0,001637786
117	-	-	+	-	+	+	+	0,48643	4,10343	0,11854	0,096610	0,000481012
118	+	-	+	-	+	+	+	0,24375	4,10343	0,05940	0,013884	0,002071905
119	-	+	+	-	+	+	+	0,46537	4,10343	0,11341	0,086822	0,000706904
120	+	+	+	-	+	+	+	0,23320	4,10343	0,05683	0,012709	0,001946623
121	-	-	-	+	+	+	+	2,32440	2,98405	0,77894	0,694855	0,007070524
122	+	-	-	+	+	+	+	1,16024	2,98405	0,38881	0,378202	0,000112623
123	-	+	-	+	+	+	+	2,21606	2,98405	0,74264	0,668486	0,005498098
124	+	+	-	+	+	+	+	1,10616	2,98405	0,37069	0,360447	0,00010496
125	-	-	+	+	+	+	+	0,63698	2,98405	0,21346	0,292547	0,006254386
126	+	-	+	+	+	+	+	0,31795	2,98405	0,10655	0,174807	0,004658882
127	-	+	+	+	+	+	+	0,60729	2,98405	0,20351	0,281033	0,006009315
128	+	+	+	+	+	+	+	0,30313	2,98405	0,10158	0,171907	0,004945152

ПРИЛОЖЕНИЕ В Форма карты контроля соответствия требованиям тепло-
вой защиты при устройстве наружных стен с НФС

КАРТА КОНТРОЛЯ
соответствия требований тепловой защиты при устройстве наружных стен с НФС
Объект капитального строительства

(наименование, почтовый или строительный адрес объекта капитального строительства)

Застройщик или технический заказчик

(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц, фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)

Лицо, осуществляющее строительство, выполнившее работы по устройству наружных ограждающих конструкций (подрядчик)

(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц, фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)

Основание для проведения проверки:
Тип проверки (нужное подчеркнуть): № _____ от _____
Выездная / Документарная

№ п/п	Элемент контроля	Подлежит проверке	Требования, предъяв- ляемые при проведе- нии работ	Способ провер- ки соответ- ствия	Результат		Прим.
					Норма	Соотв. («+», «-»)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Организация строительного производства							
1.1	Проектная документация		Соответствие требова- ниям Постановления пра- вительства РФ от 16.02.2008 №87 и Прика- за Министерства регио- нального развития РФ от 01.04.2008 №36	Регистрацион- ный	Наличие разделов, содержащих сведе- ния об основных параметрах и харак- теристиках наружной ограждающей конструкции		
1.2	Рабочая до- кументация		Соответствие требова- ниям Постановления пра- вительства РФ от 16.02.2008 №87	Регистрацион- ный	1. Наличие рабочей документации со штампом выдачи «В производство» 2. Наличие проекта производства ра- бот (ППР) согласованного с заказчи- ком (генподрядчиком) - наличие от-		

Рисунок П.1 – Карта контроля (страница 1)

Продолжение Приложения В

					тиска (штампа) заказчика (генподрядчика).		
1.3	Исполнительная документация		Соответствие требованиям РД 11.02.2006, РД 11-05-2007	Регистрационный	Наличие журналов производства работ (общего и специальных журналов работ) Наличие контрольных листов учета дефектов		
1.4	Метрологическая поверка используемых средств измерений		Наличие поверки используемых средств измерений	Регистрационный	Наличие документа установленного образца на каждое используемое средство измерения		
Входной контроль конструкций и материалов							
2.1	Материалы для устройства несущего основания		Контроль качества поступающих материалов на соответствие требованиям проекта	Регистрационный/Измерительный	1. Наличие сопроводительной документации, подтверждающей соответствие указанных в них теплотехнических характеристик требованиям тепловой защиты, проектной и рабочей документации. 2. Наличие записи в журнале входного контроля по ГОСТ 24297 с обязательным заполнением следующих граф: 1. Тип/марка продукции 2. Номер партии, дата изготовления и номер сопроводительного документа 3. Количество продукции 4. Протоколы испытаний 5*. Акт приемки плоскостей фасада с проверкой качества поверхности * - при существующем несущим основанием		
2.2	Материалы для устройства теплоизоляционного слоя		Контроль качества поступающих материалов на соответствие требованиям проекта	Регистрационный/Измерительный	1. Наличие сопроводительной документации, подтверждающей соответствие указанных в них теплотехнических характеристик требованиям тепловой защиты, проектной и рабочей документации		

Рисунок П.2 – Карта контроля (страница 2)

Продолжение Приложения В

					ментации. 2. Наличие записи в журнале входного контроля по ГОСТ 24297 с обязательным заполнением следующих граф: 1. Тип/марка продукции 2. Номер партии, дата изготовления и номер сопроводительного документа 3. Количество продукции 4. Протоколы испытаний		
Подготовительный этап							
3.1	Складирование и хранение строительных конструкций, изделий, материалов		Контроль качества поступающих материалов на соответствие требованиям проекта	Регистрационный/Визуальный	1. Соответствие складирования и хранения требованиями проектной документации 2. Протоколы испытаний		
Устройство наружной ограждающей конструкции							
4.1	Устройство несущего основания		Контроль выполнения работ	Регистрационный/Измерительный	1. Наличие записи в общем журнале работ о проведении работ 2. Наличие актов освидетельствования скрытых работ 3. Протоколы испытаний 4. Контрольные листы учета дефектов теплозащиты		
4.2	Устройство теплоизоляционного слоя		Контроль выполнения работ	Регистрационный/Измерительный	1. Наличие записи в общем журнале работ 2. Наличие актов освидетельствования скрытых работ 3. Протоколы испытаний 4. Контрольные листы учета дефектов теплозащиты		
Примечания 1 Необходимыми условиями для проведения инструментального способа проверки соответствия требованиям являются: – несогласованные или значительные отступления от проектной и рабочей документации при устройстве стеновых ограждающих конструкций; – отсутствие необходимой исполнительной документации при устройстве стеновых ограждающих конструкций;							

Рисунок П.3 – Карта контроля (страница 3)

– нарушение порядка проведения строительного контроля или его документального подтверждения при устройстве конструкций; – дефекты теплозащиты, обнаруженные при устройстве стеновых ограждающих конструкций с НФС; – фактические значения температур на внутренних поверхностях стеновых ограждающих конструкций меньше нормативных; – температурный перепад между температурой внутренней поверхности и температурой внутренней ограждающих конструкций больше нормативного.
--

Заключение (нужное подчеркнуть):

1. Требования тепловой защиты соблюдены в полном объеме.
2. Требования тепловой защиты соблюдены не в полном объеме.

Рекомендации по устранению выявленных несоответствий:

Приложения: _____ на ____ л.

Настоящая карта составлена _____ экземплярах, по одному экземпляру для каждой стороны.

Подписи лиц, проводивших проверку:

ФИО

Подпись

ФИО

Подпись

Дата « ____ » _____ 201 ____ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Форма контрольного листа учета дефектов теплозащиты и сводной ведомости контроля наружных стен с устройством НФС

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ УЧЕТА ДЕФЕКТОВ ТЕПЛОЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН С УСТРОЙСТВОМ НФС

Объект капитального строительства

(наименование, почтовый или строительный адрес объекта капитального строительства)

Лицо, осуществляющее строительство, выполнившее работы по устройству наружных
ограждающих конструкций (подрядчик)

*(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц,
фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)*

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие
конструкции, (подрядчика) по вопросам строительного контроля

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Даты: начала работ «__» ____ 20 __., окончания работ «__» ____ 20 __ г.

Общее количество захваток: _____

Порядковый номер захватки: _____

Местоположение в осях и по отметке: _____

Тип участка наружной стены в пределах захватки: _____

Эскиз наружной стены в пределах захватки (с указанием дефектов)

Коэффициент теплопроводности материала несущего основания, $[m^2 \cdot ^\circ C / Bt]$: _____

Коэффициент теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, $[m^2 \cdot ^\circ C / Bt]$: _____

Толщина несущего основания, [м]: _____

Толщина теплоизоляционного слоя, [м]: _____

Таблица контроля дефектов и коэффициентов влияния дефектов

Зазор в стыке плит утеплителя														
Размер, [мм]	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	10
Длина, [м]														
Коэффициент влияния дефекта в пределах захватки – k =														
Зазор в стыке кронштейна с плитой утеплителя														
Размер, [мм]	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	15
Кол-во, [шт]														
Коэффициент влияния дефекта в пределах захватки – k =														
Отслоение плит утеплителя от основания														
Размер, [мм]	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	10
Площадь, [м ²]														
Коэффициент влияния дефекта в пределах захватки – k =														
Нарушение устройства стыка основания с плитой перекрытия														
Размер, [мм]	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	50
Длина, [м]														
Коэффициент влияния дефекта в пределах захватки – k =														
Коэффициент совместного влияния дефектов в пределах захватки – k =														

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие
конструкции, (подрядчика) по вопросам строительного контроля:

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представители иных лиц:

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Рисунок П.5 – Контрольный лист

Окончание Приложения Г

СВОДНАЯ ВЕДОМОСТЬ КОНТРОЛЯ СООТВЕТСТВИЯ НАРУЖНЫХ СТЕН С УСТРОЙСТВОМ НФС ТРЕБОВАНИЯМ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ
--

Объект капитального строительства

(наименование, почтовый или строительный адрес объекта капитального строительства)

Застройщик или технический заказчик

(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц,
фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)

Лицо, осуществляющее строительство, выполнившее работы по устройству наружных
ограждающих конструкций (подрядчик)

(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц,
фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)

Лицо, осуществляющее подготовку проектной (рабочей) документации

(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц,
фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)

Даты: начала работ «___» _____ 20 ___, окончания работ «___» _____ 20 __ г.

Сводная таблица контроля дефектов теплозащиты

Дата и время	№ захватки	Тип участка	Расчетное значение приведенного сопротивления теплопередаче, [м ² ·°C/Вт]	Площадь захватки, [м ²]	Коэффициент теплопроводности материала несущего основания, [Вт/м·°C]	Коэффициент теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, [Вт/м·°C]	Толщина несущего основания, [м]	Толщина теплоизоляционного слоя, [м]	Коэффициент совместного влияния дефектов теплозащиты	Фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены в пределах захватки, [м ² ·°C/Вт]	Промежуточное фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен, [м ² ·°C/Вт]	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Уточненное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с устройством НФС												

Представитель застройщика или технического заказчика:

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие конструкции (подрядчика):

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие конструкции, (подрядчика) по вопросам строительного контроля:

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего подготовку проектной (рабочей) документации:

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представители иных лиц:

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Рисунок П.6 – Сводная ведомость контроля

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Форма акта освидетельствования наружной ограждающей конструкции с устройством НФС на соответствие требованиям тепловой защиты

Объект капитального строительства
<i>(наименование, почтовый или строительный адрес объекта капитального строительства)</i>
Застройщик или технический заказчик
<i>(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц, фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)</i>
Лицо, осуществляющее строительство, выполнившее работы по устройству наружных ограждающих конструкций (подрядчик)
<i>(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц, фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)</i>
Лицо, осуществляющее подготовку проектной (рабочей) документации
<i>(наименование, ОГРН, ИНН, почтовые реквизиты, телефон/факс – для юридических лиц, фамилия, имя, отчество, паспортные данные, место проживания, телефон/факс – для физических лиц)</i>

Акт освидетельствования наружной ограждающей конструкции с устройством НФС на соответствие требованиям тепловой защиты

№ _____ « ____ » _____ 20 ____ года

Представитель застройщика или технического заказчика:

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие конструкции (подрядчика):

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие конструкции, (подрядчика) по вопросам строительного контроля:

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

Представитель лица, осуществляющего подготовку проектной (рабочей) документации:

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

а также иные представители лиц, участвующих в освидетельствовании:

(должность, фамилия, инициалы, реквизиты документа о представительстве)

произвели осмотр наружных ограждающих конструкций, выполненных

(наименование лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие конструкции (подрядчика))

и составили настоящий акт о нижеследующем:

1. К освидетельствованию предъявлены следующие конструкции

(перечень и краткая характеристика наружных ограждающих конструкций)

2. Конструкции выполнены в соответствии с проектной (рабочей) документацией

(номер, другие реквизиты чертежа (проектной) рабочей документации, данные о теплозащитных характеристиках наружной ограждающей конструкции)

Рисунок П.7 – Акт соответствия требованиям тепловой защиты (страница 1)

Окончание Приложения Д

3. При выполнении конструкции применены

(наименования строительных материалов, (изделий) со ссылкой на сертификаты или другие документы, подтверждающие их качество)

4. Предъявлены документы, подтверждающие соответствие конструкций предъявляемым к ним требованиям:

(акты освидетельствования скрытых работ, сведения о теплозащитных характеристиках конструкции, результаты экспертиз, обследований, лабораторных, натурных и иных испытаний выполненных конструкций, проведенных в процессе строительного контроля)

5. Даты: начала работ «___» _____ 20 __. ., окончания работ «___» _____ 20 __ г.

6. Предъявленные конструкции выполнены в соответствии с проектной (рабочей) документацией и техническими регламентами

(указываются наименование статьи (пункты) технического регламента (норм и правил), иных нормативных правовых актов, разделы проектной (рабочей) документации, сведения о соответствии характеристикам, указанным в энергетическом паспорте)

Акт составлен в _____ экземплярах.

Приложения:

Представитель застройщика или технического заказчика

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие конструкции (подрядчика)

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего строительство, выполнившего наружные ограждающие конструкции, (подрядчика) по вопросам строительного контроля

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представитель лица, осуществляющего подготовку проектной (рабочей) документации

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

Представители иных лиц:

(должность, фамилия, инициалы, подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е Акты внедрения результатов исследования



ООО «УРАЛСТРОЙМОНТАЖ»
 454048, г. Челябинск, ул. Сулимова, д. 75 а, оф. 2
 тел: (351) 260-16-65
 тел/факс: (351) 260-57-73
 e-mail: chel_ustm@mail.ru
 ИНН 7451236516, КПП 745101001

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

В.Н. Белов

«16» июля 2014 года



Акт внедрения результатов диссертации
 на соискание учёной степени кандидата технических наук
 Русанова Алексея Евгеньевича

Результаты диссертации «Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности», выполненной аспирантом кафедры «Технология строительного производства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) Русановым Алексеем Евгеньевичем, внедрены в производственную деятельность общества с ограниченной ответственностью «Уралстроймонтаж».

Практическая апробация и реализация разработанных Русановым Алексеем Евгеньевичем организационных решений устройства навесных фасадных систем с учетом параметров энергоэффективности выполнены при строительстве 16-ти этажного каркасно-монолитного административного здания по улице Молодогвардейцев города Челябинска.

Разработанный метод количественной оценки качества устройства навесных фасадных систем позволил дать достоверную оценку качества выполнения строительных работ при осуществлении строительного контроля.

В результате практической реализации разработанных Русановым Алексеем Евгеньевичем организационных решений устройства навесных фасадных систем чистый дисконтированный доход увеличился на 11 – 23 %, индекс доходности увеличился на 7 – 8 %.

Главный инженер

В.И. Дударев

Начальник производственно-технического отдела

Л.Л. Рукавишникова

Рисунок П.9 – Акт внедрения ООО «Уралстроймонтаж»

ООО ПСК «Высота»

620102 Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Радищева, д.60, офис 307

ОГРН 1126658024426

ИНН 6658415407 КПП 665801001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

Д.П. Задорин

«08» июня 2014 года

АКТ

внедрения результатов диссертации
на соискание учёной степени кандидата технических наук
Русанова Алексея Евгеньевича

Результаты диссертации «Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности», выполненной аспирантом кафедры «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета Русановым Алексеем Евгеньевичем, внедрены в производственную деятельность ООО ПСК «ВЫСОТА», основным видом деятельности которого является монтаж навесных фасадных систем на строительных объектах.

Практическая апробация и внедрение разработанных Русановым А.Е. организационных решений устройства навесных фасадных систем с учетом параметров энергетической эффективности выполнены при строительстве 6-ти этажного каркасно-монолитного медицинского центра по улице Курчатова в городе Челябинске.

Внедрение организационных решений устройства навесных фасадных систем и организация строительного контроля при осуществлении строительства позволили повысить качество наружных ограждающих конструкций.

Основные научные результаты диссертационного исследования использовались при подготовке организационно-технологической документации.

Начальник производственно-технического отдела



Т.А. Гатальская


СПЕЦМОНТАЖ-ЗАПАД

Челябинский филиал

Филиал ЗАО «Спецмонтаж-Запад» в г. Челябинске
 454126 г. Челябинск, ул. Тернопольская, 6,
 БЦ «Полет», 7 этаж
 ИНН 7717661335; КПП 745343001;
 ОГРН 1097746650506;



УТВЕРЖДАЮ

Директор

И.В.Беленький

«01» июля 2014 года

№ _____
 На № _____ от _____

АКТ

внедрения результатов диссертации
 на соискание учёной степени кандидата технических наук
 Русанова Алексея Евгеньевича



Результаты диссертации «Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности», выполненной аспирантом кафедры технологии строительного производства Южно-Уральского государственного университета Русановым Алексеем Евгеньевичем, внедрены в производственную деятельность Челябинского филиала ЗАО «Спецмонтаж-Запад», одним из основных видов деятельности которого является устройство навесных фасадных систем в качестве наружных ограждающих конструкций на объектах гражданского строительства.

Сформулированные соискателем организационно-технологические решения устройства навесных фасадных систем с учетом параметров энергетической эффективности, позволяющие исключить потенциальные дефекты теплозащиты, реализовывались в процессе строительства различных объектов города Челябинска.

Благодаря полученным Русановым А.Е. научным результатам, стало возможно повышение качества устройства наружных ограждающих конструкций зданий. Практическая апробация сформулированных в диссертации организационных решений устройства навесных фасадных систем с учетом параметров энергетической эффективности осуществлена при строительстве 3-х этажного кирпичного административного здания по улице Комсомольский проспект в городе Челябинске.

Реализация практических результатов диссертации в области организации строительного контроля позволяет дать достоверную оценку качества устройства наружных ограждающих конструкций зданий.

Главный инженер

В.Я. Кениг



**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА, ИНФРАСТРУКТУРЫ
И ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

ул. Елькина, д. 77, г. Челябинск, 454048

Телефон: (351) 237-83-88, факс: (351) 237-83-87. E-mail: main@minstroy74.ru
ОКПО 00097471, ОГРН 10474235221386, ИНН/КПП 7451208332/745101001

УТВЕРЖДАЮ

Начальник управления регионального
государственного строительного надзора

 **Е.Б. Ефименко**

«12» июля 2014 года

АКТ

внедрения результатов диссертации
на соискание учёной степени кандидата технических наук
Русанова Алексея Евгеньевича

Результаты диссертации «Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности», выполненной аспирантом кафедры «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета, внедрены в надзорную деятельность управления регионального государственного строительного надзора Министерства строительства, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области.

Разработанная методика расчёта энергетического паспорта гражданских зданий с учетом фактических значений параметров энергетической эффективности позволили повысить качество проверок, проводимых должностными лицами при осуществлении регионального государственного строительного надзора.

Применение основных научных положений диссертации в процессе строительства, реконструкции объектов капитального строительства способствует повышению качества и безопасности гражданских зданий в части повышения энергоэффективности.

Начальник шестого территориального отдела
управления регионального государственного
строительного надзора, канд. техн. наук

 **К.М. Мозгалёв**

Рисунок П.12 – Акт внедрения Министерства строительства, инфраструктуры и дорожного хозяйства Челябинской области

Окончание Приложения Е



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
(ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ))

Проспект Ленина, 76, Челябинск, Россия 454080,
Тел./факс (351)267-99-00, <http://www.susu.ac.ru/>, e-mail: admin@susu.ac.ru
ОКПО 02066724, ОГРН 1027403857568, ИНН/КПП 7453019764/745301001

№ _____
На № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
др. техн. наук, проф.

А.А. Радионов

«20» октября 2014 года

АКТ

внедрения результатов диссертации
на соискание учёной степени кандидата технических наук
Русанова Алексея Евгеньевича

Результаты диссертации «Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности», выполненной аспирантом кафедры технологии строительного производства Южно-Уральского государственного университета Русановым Алексеем Евгеньевичем, внедрены в учебный процесс при преподавании дисциплин «Технология строительных процессов», «Современные методы управления качеством в строительстве», «Организация строительного производства», а также курсовом и дипломном проектировании по направлению «Строительство» (программы подготовки бакалавриата и магистратуры), специальности «Промышленное и гражданское строительство».

И.о. заведующего кафедрой
технологии строительного
производства, к. т. н., доцент

Г.А. Пикус

073028

FEDERAL STATE STATE-FINANCED EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION
«SOUTH URAL STATE UNIVERSITY» (NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY)
76, Lenin prospect, Chelyabinsk 454080, Russia, Tel./fax: +7351267-99-00, <http://www.susu.ac.ru/> e-mail: admin@susu.ac.ru

Рисунок П.13 – Акт внедрения Южно-Уральского государственного университета