

**ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ НАРУЖНЫХ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Строительные нормы проектирования

**ЦЕПЛАВАЯ ІЗАЛЯЦЫЯ ЗНАДВОРНЫХ
АГАРАДЖАЛЬНЫХ КАНСТРУКЦЫЙ
БУДЫНКАЎ І ЗБУДАВАННЯЎ**

Будаўнічыя нормы праектавання

Издание официальное

**Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Минск 2009**

Ключевые слова: тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений, система утепления, элемент конструктивный, конструкция ограждающая, проектирование, нормы проектирования, правила расчета

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), техническим комитетом по стандартизации в области архитектуры и строительства «Проектирование зданий и сооружений» (ТКС 04)

ВНЕСЕН главным управлением научно-технической политики и лицензирования Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 10 июля 2009 г. № 220

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящий технический кодекс установившейся практики входит в блок 3.02 «Жилые, общественные и производственные здания и сооружения, благоустройство территорий»

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой Пособия 2.04.02-96 к СНиП 3.03.01-87, ПЗ-2000 к СНиП 3.03.01-87, П5-02 к СНиП 3.03.01-87, П6-03 к СНиП 3.03.01-87, П7-03 к СНиП 3.03.01-87, П9-04 к СНиП 3.03.01-87, ТКП 45-3.02-9-2005 (02250), ТКП 45-3.02-10-2005 (02250), ТКП 45-3.02-24-2006 (02250), ТКП 45-3.02-50-2006 (02250), ТКП 45-3.02-98-2006 (02250), в части проектирования систем утепления)

© Минстройархитектуры, 2009

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения.....	2
4 Общие требования.....	3
5 Требования к материалам.....	4
6 Правила расчета	6
6.1 Общие требования.....	6
6.2 Учет перераспределения влаги при тепловой изоляции конструкций.....	6
6.3 Расчет вентилируемых воздушных прослоек	7
6.4 Расчет сопротивления паропрооницанию систем утепления чердачных перекрытий	10
6.5 Расчет сопротивления воздухопроницанию материалов теплоизоляционного слоя	11
6.6 Расчет прочности и деформаций теплоизоляционных материалов	11
6.7 Расчет прочности и деформаций легких штукатурных систем утепления	11
6.8 Расчет прочности и деформаций тяжелых штукатурных систем утепления	13
6.9 Расчет прочности, устойчивости и деформаций конструктивных элементов вентилируемых систем утепления стен	13
6.10 Расчет прочности анкерных устройств	14
7 Требования к проектированию	14
7.1 Общие требования.....	14
7.2 Стены	16
7.3 Легкая штукатурная система утепления наружных стен	16
7.4 Тяжелая штукатурная система утепления.....	17
7.5 Вентилируемая система утепления	17
7.6 Системы утепления на основе монолитных утеплителей	19
7.7 Системы утепления на основе комплексных изделий.....	19
7.8 Цоколи.....	20
7.9 Кровли.....	20
7.10 Чердачные перекрытия	21
7.11 Перекрытия над подвалами.....	21
Приложение А (рекомендуемое) Измеряемые технические показатели и методы, приборы и оборудование, применяемые при обследовании наружных ограждающих конструкций зданий.....	23
Приложение Б (справочное) Примеры расчета систем утепления наружных ограждающих конструкций зданий.....	25
Библиография	37

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

**ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Строительные нормы проектирования

**ЦЕПЛАВАЯ ІЗАЛЯЦЫЯ ЗНАДВОРНЫХ АГАРАДЖАЛЬНЫХ КАНСТРУКЦЫЙ
БУДЫНКАЎ І ЗБУДАВАННЯЎ**

Будаўнічыя нормы праектавання

Thermal isolation of external protecting designs of buildings and constructions
Building rates of the designing

Дата введения 2010-01-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) распространяется на тепловую изоляцию наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений с применением различных конструктивно-технологических решений и материалов (далее — системы утепления) и устанавливает нормы их проектирования.

Настоящий технический кодекс распространяется на системы утепления вновь возводимых и эксплуатируемых жилых, административно-бытовых, общественных, производственных и складских зданий при их строительстве, реконструкции, модернизации, капитальном и текущем ремонте.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА):¹⁾

ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-3.02-71-2007 (02250) Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений с использованием материалов из пеностекла. Правила проектирования и устройства

ТКП 45-2.02-92-2007 (02250) Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-1.02-104-2008 (02250) Проектная документация на ремонт, модернизацию и реконструкцию жилых и общественных зданий и сооружений. Порядок разработки и согласования

СТБ 1197-2008 Материалы лакокрасочные фасадные. Общие технические требования. Методы испытаний

СТБ 1263-2001 Композиции защитно-отделочные строительные. Технические условия

СТБ 1307-2002 Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия

СТБ 1322-2002 Блоки теплоизоляционные из пеностекла. Технические условия

СТБ 1437-2004 Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. Технические условия

СТБ 1473-2004 Строительство. Штукатурные и облицовочные работы. Контроль качества работ

СТБ 1621-2006 Составы клеевые полимерминеральные. Технические условия

СТБ ISO 7724-1-2008 Краски и лаки. Колориметрия. Часть 1. Основные положения

СТБ ISO 7724-2-2008 Краски и лаки. Колориметрия. Часть 2. Цветовые измерения

¹⁾ СНБ, СНиП имеют статус технического нормативного правового акта на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

ГОСТ 9573-96 Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные. Технические условия (с национальными дополнениями)

ГОСТ 17177-94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний

ГОСТ 22690-88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

ГОСТ 22950-95 Плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем.

Технические условия

ГОСТ 26254-84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

ГОСТ 26433.1-89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.

Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления

ГОСТ 26433.2-94 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве.

Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений

ГОСТ 26998-86 Дюбели полиамидные для строительства. Технические условия

СНБ 1.03.02-96 Состав, порядок разработки и согласования проектной документации в строительстве

СНБ 1.04.01-04 Здания и сооружения. Основные требования к техническому состоянию и обслуживанию

строительных конструкций и инженерных систем, оценке их пригодности к эксплуатации

СНБ 2.02.01-98 Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов

СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология

СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

СНБ 5.05.01-2000 Деревянные конструкции

СНБ 5.08.01-2000 Кровли. Технические требования и правила приемки

СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия

СНиП 2.03.06-85 Алюминиевые конструкции

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии

СНиП 2.03.13-88 Полы

СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции

СНиП II-22-81 Каменные и армокаменные конструкции

СНиП II-23-81* изд. 1990 г. Стальные конструкции.

Примечание — При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 анкерное устройство: Элемент, предназначенный для крепления теплоизоляционных плит к подоснове.

3.2 анкерное устройство бесшарнирное: Элемент, предназначенный для крепления теплоизоляционных плит и армирующих сеток к подоснове.

3.3 анкерное устройство шарнирное: Элемент, предназначенный для крепления теплоизоляционных плит и армирующих сеток к подоснове, имеющий шарнирное соединение с подосновой.

3.4 вентилируемая система утепления: Конструктивно-технологическое решение тепловой изоляции стен и кровель эффективными утеплителями с циркуляцией воздуха по поверхности утеплителя, приклеенными и, при необходимости, закрепленными к подоснове анкерными устройствами, защищенными армированным и декоративно-защитным слоями.

3.5 легкая штукатурная система утепления: Конструктивно-технологическое решение тепловой изоляции стен и перекрытий эффективными утеплителями, приклеенными и, при необходимости, закрепленными к подоснове анкерными устройствами, защищенными армированным и декоративно-защитным слоями.

3.6 материал комплексный теплоизоляционный: Блоки или панели, состоящие из теплоизоляционного и декоративно-защитного слоев.

3.7 монолитная штукатурная система утепления: Конструктивно-технологическое решение тепловой изоляции стен и перекрытий с устройством теплоизоляционного слоя с применением утеплителей из монолитных материалов (пенополиуретан, пеноизол, пенобетон и т. п.), теплоизоляционных штукатурных сухих смесей, нанесенных на подоснову и защищенных армированным и декоративно-защитным слоями.

3.8 наружная ограждающая конструкция: Строительная конструкция, ограничивающая отапливаемый объем здания (наружная стена, надподвальное или чердачное перекрытие, покрытие, окно, наружная дверь и т. д.).

3.9 подоснова: Утепляемая ограждающая конструкция здания.

3.10 прослойка воздушная вентилируемая: Пространство между наружной поверхностью утеплителя и внутренней поверхностью облицовки, вентилируемое наружным воздухом.

3.11 сетка армирующая: Щелочестойкая полимерная, стеклянная или металлическая сетка, предназначенная для применения в качестве основы армированного слоя, воспринимающего силовые нагрузки.

3.12 система утепления: Комплексное конструктивно-технологическое решение, предназначенное для увеличения сопротивления теплопередаче, защиты от атмосферных воздействий и обеспечения декоративных свойств наружной поверхности ограждающей конструкции.

3.13 слой армированный: Конструктивный элемент системы утепления, состоящий из армирующего материала, утапливаемого в клей или в раствор, и предназначенный для защиты утеплителя и создания основы для декоративно-защитного слоя.

3.14 слой декоративно-защитный: Конструктивный элемент системы утепления, предназначенный для защиты утеплителя и придания декоративных свойств наружной поверхности ограждающей конструкции.

3.15 слой клеевой: Конструктивный элемент системы утепления, предназначенный для приклеивания плитного утеплителя к подоснове.

3.16 слой наружный: Армированный, декоративно-защитный слой, облицовка или другие слои системы утепления, расположенные с наружной стороны утеплителя, а также комбинации этих слоев.

3.17 слой теплоизоляционный: Конструктивный элемент системы утепления, состоящий из утеплителя, укрепленного на подоснове.

3.18 тепловая модернизация здания (сооружения): Совокупность работ и мероприятий, связанных с приведением эксплуатационного показателя сопротивления теплопередаче всех элементов здания (сооружения) к уровню современных требований.

3.19 тяжелая штукатурная система утепления: Конструктивно-технологическое решение тепловой изоляции стен эффективными утеплителями, защищенными армированным слоем, закрепленным к подоснове шарнирными или бесшарнирными анкерными устройствами, и декоративно-защитным слоем.

3.20 эксплуатируемое чердачное перекрытие: Перекрытие между последним этажом и чердачным пространством, полезная нагрузка на которое составляет более 70 кг/м².

3.21 элемент крепежный: Элемент, предназначенный для крепления различных деталей систем утепления, за исключением утеплителей и армирующего материала, к подоснове или другим деталям.

3.22 эффективный утеплитель: Материал, имеющий расчетный коэффициент теплопроводности не более 0,06 Вт/(м · °С).

3.23 цоколь: Часть наружной стены здания, расположенная ниже горизонтальной гидроизоляции (перекрытия первого этажа).

4 Общие требования

4.1 Системы утепления зданий следует проектировать с применением комплексных конструктивно-технологических решений, предназначенных для повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, защиты от атмосферных воздействий и обеспечения декоративных свойств наружной поверхности ограждающей конструкции. Системы утепления должны разрабатываться с использованием эффективных утеплителей, современных материалов и технологий, допущенных к применению в Республике Беларусь в установленном порядке. Проектирование систем утепления должно осуществляться согласно требованиям настоящего технического кодекса.

4.2 Системы утепления следует применять при новом строительстве, модернизации, реконструкции зданий, а также, при необходимости, при капитальном и текущем ремонте. При применении систем

утепления теплотехнические параметры ограждающих конструкций (сопротивление теплопередаче, паропрооницанию, воздухопроницанию, теплоусвоение и др.) должны соответствовать требованиям действующих ТНПА.

4.3 Системы утепления зданий должны отвечать:

— теплотехническим требованиям по сопротивлению теплопередаче, паропрооницанию, влагоудалению и воздухопроницанию;

— конструктивным требованиям по прочности и деформации несущих элементов, теплоизоляционных, гидроизоляционных, отделочных материалов с учетом температурных деформаций и их трещиностойкости;

— противопожарным требованиям как к отдельным материалам и элементам систем утепления, так и к конструкции в целом;

— технологическим требованиям к производству работ.

4.4 Для повышения эффективности энергосберегающих мероприятий при тепловой модернизации и реконструкции зданий следует проектировать системы утепления ограждающих конструкций в комплексе с другими мерами по энергосбережению, в частности модернизацией систем теплоснабжения и вентиляции зданий, заменой окон, установкой приборов группового и поквартирного учета и регулирования расхода тепловой энергии.

4.5 При реконструкции объектов историко-архитектурного наследия тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций должна выполняться по согласованию с Министерством культуры Республики Беларусь.

4.6 Применение конструктивных решений тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий должно соответствовать противопожарным требованиям действующих ТНПА. Системы утепления, в которых применяются горючие материалы, подлежат натурным огневым испытаниям по [1].

4.7 Проектная документация должна выполняться в соответствии с требованиями СНБ 1.03.02, ТКП 45-1.02-104 на основании материалов технического обследования. Измеряемые технические показатели, методы, приборы и оборудование, применяемые при техническом обследовании наружных ограждающих конструкций зданий, приведены в приложении А.

4.8 Системы утепления зданий подразделяются по:

— месту расположения тепловой изоляции в ограждающих конструкциях (стены, цоколи, отмостки; кровли; чердачные и надподвальные перекрытия; светопрозрачное остекление, ниши радиаторов);

— конструктивным особенностям (штукатурные легкие, монолитные, тяжелые; вентилируемые; облицовочные (комплексные); совмещенные; инверсионные).

4.9 Для тепловой изоляции внутренней поверхности ниш для радиаторов следует применять минераловатные плиты с пароизоляцией из алюминиевой фольги с внутренней стороны.

4.10 В состав проектной документации на разработку систем утепления зданий могут включаться разделы «Охрана окружающей среды», «Техника безопасности» и, при необходимости, «Основные положения по эксплуатации тепловой изоляции».

5 Требования к материалам

5.1 При проектировании систем утепления зданий и сооружений следует использовать строительные материалы, допущенные к применению на территории Республики Беларусь и отвечающие требованиям действующих ТНПА и настоящего технического кодекса.

5.2 Системы утепления зданий должны проектироваться из материалов с техническими показателями, приведенными в ТНПА на изготовление материалов. При отсутствии данных о технических показателях материалов в ТНПА их следует принимать на основании фактических показателей по результатам испытаний. Запрещается использовать данные рекламно-информационного характера для определения технических характеристик материалов.

5.3 Расчетные характеристики подоснов следует принимать по ТНПА, действующим в период проектирования и строительства здания, или на основании материалов технических обследований.

5.4 Строительные материалы, используемые в системах утепления, должны отвечать требованиям действующих ТНПА, быть совместимыми между собой по характеристикам паропрооницаемости, прочности, гидрофобности и работать как единая конструкция.

5.5 Область применения систем утепления (в том числе вентилируемых систем утепления) с применением горючих материалов определяется после установления класса пожарной опасности системы по [1].

5.6 Для клеев, используемых для приклеивания теплоизоляционных материалов, должна быть определена прочность на отрыв и сдвиг к основным материалам подоснов (кирпич, раствор, тяжелый и легкий бетоны) и к утеплителям.

5.7 Для теплоизоляционного слоя систем утепления следует применять минераловатные плиты, пенополистирольные плиты, пеностекло, легкие бетоны, блоки и другие утеплители. Тип утеплителя определяется экономической целесообразностью, силовыми и климатическими воздействиями на систему утепления, а также противопожарными требованиями по СНБ 2.02.01, [2].

5.8 Минераловатные плиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 9573, ГОСТ 22950, [3] по плотности, сжимаемости, содержанию органических веществ; ТКП 45-2.04-43 — коэффициент теплопроводности и коэффициент паропроницаемости или соответствовать фактическим показателям, подтвержденным протоколами испытаний. Для теплоизоляционного слоя легких штукатурных систем следует применять минераловатные плиты, также соответствующие требованиям, приведенным в таблице 1.

Минераловатные плиты не допускается использовать для тепловой изоляции цоколей зданий ниже уровня отмостки и отмосток.

Таблица 1 — Требования к минераловатным плитам, применяемым в легких штукатурных системах утепления

Наименование показателя	Значение
Прочность на сжатие при 10 % деформации, МПа, не менее	0,04
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,1
Предел прочности на отрыв слоев минераловатных плит по ГОСТ 17177, МПа, не менее	0,015
Водопоглощение по массе по ГОСТ 17177, %, не более	5,0

5.9 Пенополистирольные плиты должны соответствовать показателям: плотность, прочность на сжатие, прочность при изгибе и разрыве, влажность, водопоглощение за 24 ч — СТБ 1437; коэффициент теплопроводности и коэффициент паропроницаемости — ТКП 45-2.04-43 или фактическим показателям, подтвержденным протоколами испытаний. Для тепловой изоляции стен следует применять плиты марок 15Н, 20Н, 25Н и 35Н.

5.10 Блоки из пеностекла должны соответствовать требованиям СТБ 1322, ТКП 45-2.04-43. Для теплоизоляционных слоев систем утепления полов и плоских кровель также следует применять пенокрошку. Пенокрошка образуется при производстве блоков (обрезке) и представляет собой куски пеностекла различных размеров и формы.

5.11 Проектирование систем утепления с применением в качестве утеплителя материалов из пеностекла следует выполнять в соответствии с требованиями ТКП 45-3.02-71.

5.12 В качестве армирующего материала следует использовать:

— в легких штукатурных системах утепления — сетки из щелочестойкого стекловолокна, соответствующие требованиям [3], или другие виды щелочестойких сеток с аналогичными характеристиками;

— в тяжелых штукатурных системах утепления — сетки металлические оцинкованные с размерами ячеек от 15 до 50 мм из проволоки диаметром от 1 до 3 мм, соответствующие требованиям действующих ТНПА.

5.13 Клей должен отвечать требованиям СТБ 1621 (кроме показателя адгезии). Стеkanie с вертикальной поверхности слоя клея толщиной менее 0,5 см не допускается. Время твердения клея должно быть не менее 2 ч. Адгезия клея к теплоизоляционным материалам должна быть не менее прочности этих материалов на растяжение, к материалам подосновы — не менее значения, определяемого по расчету.

5.14 В качестве декоративно-защитных слоев систем утепления следует применять штукатурные и окрасочные составы, отвечающие требованиям СТБ 1621, СТБ 1263, СТБ 1307, СТБ 1197. В проектах следует предусматривать окраску поверхностей составами с коэффициентом паропроницаемости

не менее 0,015 мг/(м · ч · Па). Использование органоразбавляемых красок в системах с теплоизоляционным слоем из пенополистирола запрещается. Для колерования декоративно-защитных материалов должны использоваться щелочестойкие и светостойкие неорганические пигменты. Светлота цветового оттенка L, измеряемая по СТБ ISO 7724-2 и определяемая по СТБ ISO 7724-1, должна быть не менее 50. Насыщенность цветового оттенка C, измеряемая по СТБ ISO 7724-2 и определяемая по СТБ ISO 7724-1, должна быть не более 50.

6 Правила расчета

6.1 Общие требования

6.1.1 Расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций следует выполнять в соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-43 с учетом термической однородности подоснов и конструктивных особенностей систем утепления. При этом следует использовать компьютерные программы расчета плоского и трехмерного температурного поля.

6.1.2 Расчет сопротивления паропрооницанию ограждающих конструкций следует выполнять в соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-43. Допускается не выполнять расчет сопротивления паропрооницанию конструкций, проектируемых с применением вентилируемых систем утепления.

6.1.3 При проектировании систем утепления температура внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций здания, в местах, где имеются теплопроводные включения, на углах, на откосах и т. п. должна быть не ниже точки росы внутри здания, при расчетной относительной влажности и расчетной температуре внутреннего воздуха. При этом коэффициент теплопроводности материалов следует принимать для условий расчетной эксплуатационной влажности. Допускается учитывать изменение коэффициента теплопроводности материалов подосновы при перераспределении влажности и перемещении плоскости возможной конденсации в теплоизоляционный слой системы утепления. При этом сведения о зависимости теплотехнических характеристик материалов от влажности должны быть подтверждены протоколами испытаний. Сведения о зависимости теплотехнических характеристик материалов подоснов от их влажности допускается принимать по техническим справочникам или по результатам лабораторных испытаний.

6.1.4 Нагрузки, действующие на системы утепления, следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07.

6.1.5 Для расчета легких и тяжелых штукатурных систем утепления, а также несущих элементов вентилируемых систем утепления, как правило, следует использовать сертифицированные компьютерные программы, например LIRA (разработчик «Лира Софт», г. Киев) или другие. Податливость связей для расчета методами конечных элементов должна быть подтверждена протоколами испытаний.

6.1.6 Примеры расчета систем утепления наружных ограждающих конструкций зданий приведены в приложении Б.

6.2 Учет перераспределения влаги при тепловой изоляции конструкций

6.2.1 Расчетную влажность в материале ограждающей конструкции при учете перераспределения влаги следует принимать для:

— материалов подосновы — равной сорбционному влагосодержанию, при расчетной влажности внутреннего воздуха;

— теплоизоляционных материалов вентилируемых систем утепления стен и кровель — равной максимальному сорбционному влагосодержанию, при влажности воздуха 97 %;

— теплоизоляционных материалов систем утепления чердачных перекрытий без стяжек, устраиваемых по утеплителю, материалов наружных слоев совмещенных и вентилируемых систем утепления — равной сорбционному влагосодержанию, при расчетной влажности наружного воздуха;

— теплоизоляционных материалов совмещенных систем утепления — равной расчетной влажности, определяемой в соответствии с 6.2.2 и 6.2.3.

6.2.2 При определении расчетной влажности теплоизоляционного материала совмещенных систем утепления следует принимать расчетную температуру и относительную влажность внутреннего воздуха равными соответствующим значениям, приведенным в ТКП 45-2.04-43, расчетную температуру и относительную влажность наружного воздуха — равными средним значениям для наиболее холодного месяца в соответствии с СНБ 2.04.02.

6.2.3 Расчетную влажность теплоизоляционного материала совмещенных систем утепления W , %, следует определять по формуле

$$W = W_0 + \frac{0,0024 \cdot Z_0}{\gamma_w \cdot \delta_w} \cdot \left(\frac{e_{\text{int}} - E_0}{R_{\text{vpint}}} - \frac{E_0 - e_{\text{ext}}}{R_{\text{vpext}}} \right), \quad (1)$$

- где W_0 — сорбционное влагосодержание материала теплоизоляционного слоя системы утепления при расчетной влажности внутреннего воздуха в утеплителе, значение которого принимается по справочным данным, %;
- Z_0 — продолжительность периода влагонакопления, сут, принимаемая равной периоду со среднемесячной температурой воздуха не выше 0 °С согласно СНБ 2.04.02;
- γ_w — плотность материала теплоизоляционного слоя системы утепления, кг/м³;
- δ_w — толщина материала теплоизоляционного слоя системы утепления, м;
- e_{int} — упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па, принимаемая по ТКП 45-2.04-43;
- e_{ext} — упругость водяного пара наружного воздуха, Па, определяемая по СНБ 2.04.02;
- R_{vpint} — сопротивление паропроонианию слоев конструкции, расположенных между внутренней поверхностью конструкции и наружной поверхностью утеплителя, м² · ч · Па/мг, определяемое по ТКП 45-2.04-43;
- R_{vpext} — сопротивление паропроонианию слоев конструкции, расположенных между наружной поверхностью утеплителя и наружной поверхностью конструкции, м² · ч · Па/мг, определяемое по ТКП 45-2.04-43;
- E_0 — упругость насыщенного водяного парав плоскости, совпадающей с наружной поверхностью теплоизоляционного слоя системы утепления, Па, принимаемая в зависимости от температуры воздуха в этой плоскости (t , °С), согласно ТКП 45-2.04-43.

6.3 Расчет вентилируемых воздушных прослоек

6.3.1 Расчет удаления влаги из наружных ограждающих конструкций с вентилируемыми наружным воздухом прослойками следует выполнять из условия исключения возможности конденсации влаги в прослойке путем определения количества воздуха, необходимого для вентиляции теплоизоляционного материала. Расчет следует выполнять без учета давления от ветрового воздействия.

6.3.2 Расчетную температуру наружного воздуха следует принимать равной температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 в соответствии с СНБ 2.04.02. Расчетную упругость водяного пара наружного воздуха следует принимать равной средней упругости водяного пара наружного воздуха для условий наиболее холодного месяца по СНБ 2.04.02.

6.3.3 Расчет выполняется методом последовательных приближений, как правило, с использованием компьютерных математических редакторов, например MathCad (разработчик «Mathsoft Engineering & Education, Inc»). Задавшись средней температурой воздуха в прослойке на несколько градусов выше расчетной температуры наружного воздуха, необходимо последовательно добиться равенства между заданным и получаемым значениями.

6.3.4 Скорость движения воздуха в прослойке v , м/с, следует определять по формуле

$$v = \sqrt{\frac{2gh \cdot (\rho_{\text{mid}} - \rho_{\text{ext}})}{\rho_{\text{mid}} \cdot \sum \xi}}, \quad (2)$$

- где ρ_{mid} — средняя плотность воздуха в прослойке, принимаемая в зависимости от средней температуры воздуха в прослойке, кг/м³;
- ρ_{ext} — плотность наружного воздуха, принимаемая в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха, кг/м³;
- h — разность высот: места входа воздуха в прослойку и места выхода воздуха из прослойки, м;
- g — ускорение свободного падения, м/с², принимаемое равным 9,81;
- $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений, принимаемая равной: 0,5 — на входе в прослойку, 1,0 — на выходе из прослойки, по 1,0 — на каждый поворот потока воздуха в прослойке и по 1,0 на входную и выходную решетки, при их наличии.

6.3.5 Массовый расход воздуха в прослойке i , кг/ч, следует определять по формуле

$$i = 3600 \cdot v \cdot \rho_{\text{mid}} \cdot k, \quad (3)$$

где v — скорость движения воздуха в прослойке, м/с;
 ρ_{mid} — средняя плотность воздуха в прослойке, кг/м³;
 k — коэффициент, принимаемый равным 1, при отсутствии входных и выходных решеток, или определяемый по формуле

$$k = \frac{F_{\text{op}}}{\delta}, \quad (4)$$

здесь F_{op} — удельная площадь входных отверстий решетки, м²/пог. м;
 δ — толщина прослойки, м.

6.3.6 Температуру воздуха в прослойке t_x , °С, на расстоянии x , м, от входа воздуха в прослойку следует определять по формуле

$$t_x = \frac{A + [t_0 \cdot (\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}}) - A] \cdot e^{-\frac{\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}}}{i \cdot c}}}{\delta}, \quad (5)$$

где Λ_{int} — коэффициент теплопередачи части ограждающей конструкции, расположенной между внутренней поверхностью и вентилируемой воздушной прослойкой, Вт/(м² · °С);
 Λ_{ext} — коэффициент теплопередачи части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и вентилируемой воздушной прослойкой, Вт/(м² · °С);
 t_0 — температура воздуха, входящего в прослойку, принимаемая равной расчетной температуре наружного воздуха, °С;
 e — основание натурального логарифма, равное 2,718;
 i — массовый расход воздуха, кг/ч;
 c — удельная теплоемкость воздуха, равная 1005 кДж/(кг · К);
 A — величина, определяемая по формуле

$$A = \Lambda_{\text{int}} \cdot t_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}} \cdot t_{\text{ext}}, \quad (6)$$

здесь t_{int} — расчетная температура внутреннего воздуха, °С;
 t_{ext} — расчетная температура наружного воздуха, °С.

6.3.7 Коэффициент теплопередачи наружной части ограждающей конструкции Λ_{ext} , Вт/(м² · °С), следует определять по формуле

$$\Lambda_{\text{ext}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_m}}, \quad (7)$$

где α_{ext} — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м² · °С), принимаемый по ТКП 45-2.04-43;
 α_m — коэффициент теплоотдачи поверхности в прослойке, Вт/(м² · °С), принимаемый равным:
 — для вентилируемых воздушных прослоек высотой, м до 6 — 5;
 — “ то же “ 12 — 8;
 — “ “ 12 и более — 12;
 λ_i — коэффициент теплопроводности i -го слоя наружной части ограждающей конструкции, Вт/(м · °С);
 δ_i — толщина i -го слоя наружной части ограждающей конструкции;
 n — количество слоев наружной части ограждающей конструкции.

6.3.8 Коэффициент теплопередачи внутренней части ограждающей конструкции Λ_{int} , Вт/(м² · °С), следует определять по формуле

$$\Lambda_{int} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_m}}, \quad (8)$$

где α_{int} — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м² · °С), принимаемый по ТКП 45-2.04-43;

α_m — то же, что в формуле (7);

λ_i — коэффициент теплопроводности i -го слоя внутренней части ограждающей конструкции, Вт/(м · °С);

δ_i — толщина i -го слоя внутренней части ограждающей конструкции, м;

n — количество слоев внутренней части ограждающей конструкции.

6.3.9 Среднюю температуру воздуха в прослойке t_c , °С, следует определять по формуле

$$t_c = \frac{\int_0^h t_x dx}{h}. \quad (9)$$

Полученное значение средней температуры воздуха в прослойке должно быть равно значению, принятому в начале расчета. Расчет должен быть повторен до выполнения данного условия.

6.3.10 Температуру воздуха на выходе из прослойки t_h , °С, следует определять по формуле (5), принимая $x = h$.

6.3.11 Упругость насыщенного водяного пара на выходе из воздушной прослойки E_h , Па, следует определять в зависимости от температуры воздуха на выходе из прослойки, в соответствии с ТКП 45-2.04-43.

6.3.12 Упругость водяного пара на выходе из воздушной прослойки e_h , Па, следует определять по формуле

$$e_h = \frac{M + [e_{ext} \cdot (\Psi_{int} + \Psi_{ext}) - M] \cdot e^{-\frac{(\Psi_{int} + \Psi_{ext})h}{iB}}}{\Psi_{int} + \Psi_{ext}}, \quad (10)$$

где Ψ_{int} — величина, обратная сопротивлению паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между внутренней поверхностью ограждающей конструкции и вентилируемой воздушной прослойкой, мг/(м² · ч · Па), определяемая в соответствии с 6.3.13;

Ψ_{ext} — величина, обратная сопротивлению паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и вентилируемой воздушной прослойкой, мг/(м² · ч · Па), определяемая в соответствии с 6.3.14;

e_{ext} — расчетная упругость водяного пара наружного воздуха, Па;

e — основание натурального логарифма, равное 2,718;

i — массовый расход воздуха, кг/ч;

h — разность высот: места входа воздуха в прослойку и места выхода воздуха из прослойки, м;

M — величина, определяемая по формуле

$$M = \Psi_{int} \cdot e_{int} + \Psi_{ext} \cdot e_{ext}, \quad (11)$$

здесь e_{int} — упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па;

e_{ext} — упругость водяного пара наружного воздуха, Па;

B — максимальная абсолютная влажность воздуха, мг/кг, определяемая по формуле

$$B = \frac{7,935}{\rho_{mid} \cdot \left(1 + \frac{t_h}{273}\right)}, \quad (12)$$

t_h — температура воздуха на выходе из прослойки, °С;

ρ_{mid} — средняя плотность воздуха в прослойке, кг/м³.

6.3.13 Величину, обратную сопротивлению паропроницанию части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и вентилируемой воздушной прослойкой, Ψ_{int} , мг/(м² · ч · Па), следует определять по формуле

$$\Psi_{\text{int}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}}, \quad (13)$$

где μ_i — коэффициент паропроницаемости i -го слоя внутренней части ограждающей конструкции, мг/(м · ч · Па);

δ_i — толщина i -го слоя внутренней части ограждающей конструкции, м;

n — количество слоев внутренней части ограждающей конструкции.

6.3.14 Величину, обратную сопротивлению паропроницанию наружной части ограждающей конструкции, Ψ_{ext} , мг/(м² · ч · Па), следует определять по формуле

$$\Psi_{\text{ext}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\mu_i}}, \quad (14)$$

где μ_i — коэффициент паропроницаемости i -го слоя наружной части ограждающей конструкции, мг/(м · ч · Па);

δ_i — толщина i -го слоя наружной части ограждающей конструкции, м;

n — количество слоев наружной части ограждающей конструкции.

Для декоративно-защитных слоев вентилируемых систем утепления, проектируемых из паронепроницаемых материалов (металл, стекло и т. п.) с герметичными швами, следует принимать $\Psi_{\text{ext}} = 0$.

6.3.15 Если упругость водяного пара на выходе из воздушной прослойки e_h меньше упругости насыщенного водяного пара E_h , удаление влаги из вентилируемой ограждающей конструкции считается обеспеченным. В противном случае следует увеличить толщину воздушной прослойки, или толщину утеплителя, или сопротивление паропроницанию внутренней части конструкции.

6.3.16 Независимо от результатов расчета, минимальную толщину вентилируемой воздушной прослойки, в зависимости от высоты, следует принимать, мм, не менее:

— для зданий высотой, м до 6	— 30;
— то же “ 12	— 40;
— “ “ 26	— 50;
— “ 26 и более	— 60.

6.3.17 При использовании диффузионных пленок, толщина вентилируемой воздушной прослойки для зданий высотой до 6 м должна быть не менее 40 мм.

6.3.18 При применении несущих конструкций из низкоуглеродистых сталей и алюминиевых сплавов ширина вентилируемой воздушной прослойки должна быть не более 100 мм, при применении коррозионностойких сталей — не более 200 мм.

6.4 Расчет сопротивления паропроницанию систем утепления чердачных перекрытий

6.4.1 Сопротивление паропроницанию систем утепления чердачных перекрытий с незащищенным утеплителем должно быть не менее требуемого сопротивления паропроницанию R_{vp}^{red} , м² · ч · Па/мг, определяемого по формуле

$$R_{vp}^{red} = j(e_{\text{int}} - e_0^{\text{ext}}), \quad (15)$$

где e_{int} — упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре и относительной влажности этого воздуха;

e_0^{ext} — средняя упругость водяного пара наружного воздуха, Па, периода со среднемесячной температурой не выше 0 °С.

j — коэффициент, принимаемый равным 0,0012 м² · ч/мг.

6.4.2 При применении систем утепления с незащищенным утеплителем должна быть обеспечена вентиляция чердачного пространства в соответствии с требованиями ТНПА.

6.5 Расчет сопротивления воздухопроницанию материалов теплоизоляционного слоя

6.5.1 Сопротивление воздухопроницанию теплоизоляционного слоя систем утепления, состоящего из одного или нескольких слоев теплоизоляционных материалов, K , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{кг}$, следует определять по формуле

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{l_i}, \quad (16)$$

где t_i — толщина i -го слоя теплоизоляционного материала, м;

l_i — коэффициент воздухопроницаемости i -го слоя теплоизоляционного материала, $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$;

n — количество слоев теплоизоляционного материала.

6.5.2 Сопротивление воздухопроницанию теплоизоляционных слоев совмещенных систем утепления и систем утепления с замкнутыми воздушными прослойками не ограничивается. Коэффициент воздухопроницаемости теплоизоляционных слоев систем утепления с вентилируемыми воздушными прослойками не должен превышать $0,03 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$.

6.6 Расчет прочности и деформаций теплоизоляционных материалов

6.6.1 Напряжения сжатия при воздействии нагрузки на теплоизоляционный слой систем утепления не должны превышать расчетной прочности теплоизоляционного материала на сжатие. При этом расчетное значение коэффициента теплопроводности сжимаемых материалов следует корректировать в зависимости от величины относительных деформаций сжатия. Относительные деформации сжимаемого теплоизоляционного материала ε , %, в направлении, перпендикулярном поверхности, следует определять по формуле

$$\varepsilon = \frac{\sigma_c}{E_c}, \quad (17)$$

где σ_c — напряжение сжатия в теплоизоляционном материале, кПа;

E_c — расчетный модуль упругости теплоизоляционного материала при сжатии в направлении действия нагрузки, с учетом длительного времени воздействия нагрузки, кПа.

6.6.2 Теплоизоляционный материал, приклеенный к подоснове, следует проверять на прочность при растяжении по формуле

$$\frac{q_x}{A_{\text{пр}}} \leq R_t \quad (18)$$

и на прочность при сдвиге — по формуле

$$\frac{q_y}{A_{\text{пр}}} \leq R_{\text{сд}}, \quad (19)$$

где q_x и q_y — составляющие расчетной нагрузки, направленные соответственно перпендикулярно и параллельно поверхности плит, кПа;

$A_{\text{пр}}$ — площадь приклеивания плит, м^2 ;

R_t — расчетный предел прочности теплоизоляционного материала на растяжение (отрыв слоев) в направлении, перпендикулярном поверхности плит, с учетом длительного времени воздействия нагрузки, кПа;

$R_{\text{сд}}$ — расчетный предел прочности теплоизоляционного материала на сдвиг в направлении, параллельном поверхности плит, с учетом длительного времени воздействия нагрузки, кПа.

6.7 Расчет прочности и деформаций легких штукатурных систем утепления

6.7.1 Армированный и декоративно-защитный слои легких штукатурных систем утепления следует рассчитывать на прочность и образование трещин при растяжении, изгибе и отрыве от теплоизоляционного материала. Расчет следует выполнять с учетом усилий, возникающих от воздействия усадки, ветровых, температурных нагрузок и от собственного веса.

6.7.2 Расчет следует выполнять методом конечных элементов с учетом податливости связей армированного слоя с теплоизоляционным материалом, а также податливости анкерных устройств. Конструкция может моделироваться стержневыми, плоскими или объемными конечными элементами. Линейные размеры конечных элементов следует принимать не более 100 мм.

6.7.3 Величину податливости связей PD , Н/м, в методе конечных элементов следует определять: — в направлении вдоль поверхности плит — по формуле

$$PD_y = G \cdot L, \quad (20)$$

— в направлении, перпендикулярном поверхности плит, — по формуле

$$PD_x = E \cdot t, \quad (21)$$

где G — модуль сдвига теплоизоляционного материала вдоль поверхности плит, кПа;

E — модуль упругости теплоизоляционного материала в направлении, перпендикулярном поверхности плит, кПа;

L — длина конечного элемента, м;

t — толщина теплоизоляционного материала, м.

6.7.4 Проверку прочности армированного и декоративно-защитного слоев следует выполнять по значениям, полученным в результате расчета напряжений. При использовании стержневых конечных элементов проверку прочности, как правило, следует выполнять по формуле

$$\frac{N_k}{A_k \cdot R_t} \pm \frac{M_k}{W_k \cdot R_{cd}} \leq 1, \quad (22)$$

где N_k — продольная сила, кН;

M_k — изгибающий момент, кН · м;

A_k — площадь конечного элемента, м²;

W_k — момент сопротивления конечного элемента, м³;

R_t — кратковременный предел прочности при растяжении армированного и декоративно-защитного слоев, кПа;

R_{cd} — кратковременный предел прочности армированного и декоративно-защитного слоев на изгиб, кПа.

6.7.5 Проверку прочности сцепления армированного слоя с утеплителем σ_α , кПа, следует выполнять исходя из условия

$$\sigma_\alpha = \frac{F_k}{A_k} \leq R_\alpha, \quad (23)$$

где F_k — реакция в податливой связи метода конечных элементов, кН;

A_k — грузовая площадь податливой связи метода конечных элементов, м²;

R_α — расчетный предел прочности сцепления клея и утеплителя или расчетный предел прочности утеплителя на растяжение в направлении, перпендикулярном поверхности плит, кПа.

6.7.6 Проверку прочности теплоизоляционного слоя легких штукатурных систем утепления следует выполнять по условиям (18) и (19). В случае, если прочность теплоизоляционного материала не обеспечена, следует устанавливать анкерные устройства. Количество и жесткость анкерных устройств следует назначать из расчета методом конечных элементов.

6.7.7 В местах установки анкерных устройств податливость связей на изгиб следует принимать равной податливости анкерного устройства исходя из условия

$$PD_\alpha \leq E_u \cdot L_\alpha, \quad (24)$$

где E_u — модуль упругости анкерного устройства при изгибе, кПа;

L_α — расчетная длина анкерного устройства, м.

6.7.8 Анкерное устройство следует назначать из условия предельного прогиба его свободного конца, который не должен превышать 2 мм. При этом должна быть обеспечена прочность армированного и декоративно-защитного слоев при перераспределении и концентрации напряжений в местах установки анкерных устройств.

6.7.9 Вне зависимости от результатов расчетов в легких штукатурных системах утепления следует предусматривать:

- дополнительное армирование углов проемов диагональными стеклосетками размерами не менее 300×300 мм;
- дополнительное армирование внутренних углов откосов стеклосетками длиной не менее 400 мм и шириной, равной ширине откосов;
- усиление теплоизоляционного слоя на углах зданий и откосах проемов металлическими или пластиковыми уголками с размерами сторон не менее 25×25 мм;
- дополнительное армирование мест стыков разнородных теплоизоляционных материалов стеклосетками шириной не менее 200 мм.

6.8 Расчет прочности и деформаций тяжелых штукатурных систем утепления

6.8.1 Армированные и декоративно-защитные слои тяжелых штукатурных систем утепления следует рассчитывать на прочность и образование трещин при растяжении и изгибе. Расчет следует выполнять с учетом усилий, возникающих от воздействия усадки, ветровых, температурных нагрузок и собственного веса.

6.8.2 Расчет прочности и деформаций теплоизоляционных материалов для тяжелых штукатурных систем утепления следует выполнять в соответствии с 6.6.2.

6.8.3 Расчет армированного и декоративно-защитного слоев следует выполнять методом конечных элементов, аналогично с легкими штукатурными системами утепления. При этом податливые связи между армированным и теплоизоляционным слоями следует предусматривать только в горизонтальном направлении (перпендикулярно поверхности).

6.8.4 Неизменяемость расчетной системы обеспечивается установкой элементов, моделирующих анкерные устройства. Анкерные устройства следует моделировать стержневыми элементами с заделкой в подоснову (прямые анкерные устройства) или шарнирным креплением к подоснове (наклонные анкерные устройства).

6.8.5 Бесшарнирные анкерные устройства следует назначать из условия предельного прогиба свободного конца, который не должен превышать 2 мм.

6.8.6 Шарнирные анкерные устройства следует назначать из условия прочности по формуле

$$\frac{N_{ka}}{A_{ka}} \leq R_a, \quad (25)$$

где N_{ka} — растягивающая продольная сила в стержне шарнирного анкерного устройства, кН;

A_{ka} — площадь сечения стержня шарнирного анкерного устройства, м²;

R_a — расчетный предел прочности на растяжение материала стержня шарнирного анкерного устройства, кПа.

6.8.7 Горизонтальное перемещение (перпендикулярно подоснове) тяжелых штукатурных систем утепления без клеевого слоя под воздействием нормативного отрицательного ветрового давления не должно превышать 1/200 толщины теплоизоляционного слоя.

6.8.8 Вне зависимости от результатов расчетов следует предусматривать дополнительное армирование углов проемов диагональными металлическими сетками размерами не менее 300×300 мм.

6.9 Расчет прочности, устойчивости и деформаций конструктивных элементов вентилируемых систем утепления стен

6.9.1 Расчет прочности, устойчивости и деформаций несущих элементов вентилируемых систем утепления стен следует выполнять методами строительной механики с учетом особенностей конструкций и используемых материалов. При расчете следует учитывать усилия, возникающие от действия ветровых нагрузок и собственного веса, совместность температурных деформаций декоративно-защитных слоев и элементов каркасов. Голледные нагрузки, при выполнении требований расчета вентилируемой воздушной прослойки, допускается не учитывать. Снеговую нагрузку следует учитывать при расчете выступающих участков облицовок вентилируемых систем утепления.

6.9.2 Расчет деревянных каркасов следует выполнять в соответствии с требованиями СНБ 5.05.01, применяя 5 класс условий эксплуатации древесины.

6.9.3 В вентилируемых системах утепления стен допускается применять элементы из оцинкованной стали. Расчет стальных каркасов и других стальных элементов вентилируемых систем утепления следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП II-23.

6.9.4 Расчет каркасов и облицовок вентилируемых систем утепления, изготовленных из алюминиевых или других сплавов, следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 2.03.06.

6.9.5 Расчет облицовок систем утепления, проектируемых из каменных и армокаменных конструкций, следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП II-22.

6.9.6 Расчет совместности температурных деформаций декоративно-защитных слоев и каркасов вентилируемых систем утепления следует, как правило, выполнять методом конечных элементов.

6.10 Расчет прочности анкерных устройств

6.10.1 Количество анкерных устройств n , устанавливаемых на 1 м^2 утепляемой поверхности, из условия недопустимых усилий вырыва из материала подосновы, следует определять по формуле

$$n \geq \frac{k \cdot N_{\text{в}}}{R_{\text{в}}}, \quad (26)$$

где k — коэффициент надежности, который следует принимать для изделий из полипропилена равным 3, для изделий из полиамида и полиэтилена — равным 1,4;

$N_{\text{в}}$ — расчетное значение продольной силы, действующей на анкерное устройство, определяемое из результатов расчета с использованием конечно-разностных методов, кН;

$R_{\text{в}}$ — усилие вырыва одного анкерного устройства из подосновы, определяемое при предпроектных обследованиях подоснов, кН.

6.10.2 Допустимые значения усилий вырыва следует достигать применением анкеров различных типов или глубиной заделки в подоснову, что следует выполнять при проведении технических обследований. Независимо от допустимого усилия вырыва и требований ТНПА к анкерам глубина заделки анкера в материал подосновы должна быть, мм, не менее:

— для подосновы из пустотелого кирпича	— 120;
— то же, из легких бетонов, в том числе ячеистого бетона	— 70;
— то же, из полнотелого кирпича и тяжелого бетона	— 50;
— для многослойной панели	— толщины наружного слоя панели, определенной при обследовании здания;

в случае использования анкеров с полиамидной втулкой:

— для подосновы из пустотелого кирпича	— 60;
— то же, из легких бетонов, в том числе ячеистого бетона	— 60;
— то же, из полнотелого кирпича и тяжелого бетона	— 30;
— для многослойной панели	— толщины наружного слоя панели, определенной при обследовании здания;

6.10.3 Прочность анкерных устройств следует проверять исходя из усилий, полученных при расчете системы утепления. Ограниченная жесткость анкерных устройств не должна приводить к чрезмерной концентрации напряжений в местах их установки.

6.10.4 Для крепления каркасов и кронштейнов (столиков) вентилируемых систем утепления стен, а также в тяжелых штукатурных системах утепления и других конструкциях, где усилие вырыва прилагается к сердечнику, как правило, должны применяться анкерные устройства или крепежные элементы с винтовыми сердечниками.

7 Требования к проектированию

7.1 Общие требования

7.1.1 Системы утепления ограждающих конструкций являются конструктивными элементами зданий и должны проектироваться по разработанным и утвержденным в установленном порядке конструктивно-технологическим решениям из соответствующих этим решениям материалов, отвечающих требованиям действующих ТНПА. Замена конструктивно-технологических решений и материалов систем утепления запрещается без согласования с проектной организацией-разработчиком (генеральной проектной организацией-разработчиком) системы.

7.1.2 Проектная документация на тепловую изоляцию наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений должна разрабатываться в соответствии с СНБ 1.03.02, ТКП 45-1.02-104, с учетом 7.1.3 и 7.1.4 настоящего технического кодекса, а для существующих зданий — дополнительно на основе их технического обследования с учетом 7.1.5 и отвечать требованиям действующих ТНПА. При выполнении тепловой изоляции существующих зданий допускается не изменять технико-экономические показатели здания (площадь застройки и строительный объем).

7.1.3 В проектной документации на стадиях: обоснование инвестирования строительства «ОИ», архитектурный проект «А» или в составе утверждаемой части строительного проекта «С» должны быть приведены:

- вид системы утепления по классификации по 4.8;
 - требования к сопротивлению теплопередаче и паропроницаемости системы утепления и теплотехнические расчеты в соответствии с ТКП 45-2.04-43 и разделом 6 настоящего технического кодекса;
 - требования противопожарной безопасности к системе утепления в соответствии с СНБ 2.02.01, [2];
 - требования к фактуре и цветовому решению декоративно-защитного слоя системы утепления;
 - требования к несущим конструкциям системы и расчеты несущей способности в соответствии с разделом 6 и 7.1.7;
 - ведомости основных объемов теплоизоляционных работ и сметы,
- при этом не должны указываться наименования конкретных систем утепления, конкретные марки и производители материалов.

7.1.4 Организация, непосредственно выполняющая работы по тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций здания, обязана (на договорных условиях) организовать доработку проекта, с включением в него конструктивно-технологических решений с указанием материалов конкретной системы утепления, конструктивных схем и узлов в соответствии с альбомами «Узлы и детали тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений» для соответствующих систем утепления, в объеме, достаточном для выполнения работ.

7.1.5 При выполнении технических обследований существующих зданий и сооружений следует определить:

- типы ограждающих конструкций, их техническое состояние, наличие дефектов, в том числе следов промерзаний, увлажнений, размораживаний, трещин и т. п.;
- состав ограждающих конструкций;
- теплотехнические показатели материалов ограждающих конструкций;
- адгезию наружных слоев подоснов;
- усилия вырыва из подоснов анкерных устройств проектных марок.

В задании на техническое обследование должны быть перечислены технические показатели, которые необходимо получить в результате обследования. При необходимости определения усилий вырыва анкерных устройств должны быть указаны их марки и глубина заделки в подоснову. Оценку технического состояния строительных конструкций и инженерных систем зданий следует выполнять в соответствии с требованиями СНБ 1.04.01.

7.1.6 По результатам технических обследований следует определить расчетные теплотехнические и, при необходимости, прочностные характеристики материалов ограждающих конструкций. Также следует определить расчетно-аналитическими методами приведенное сопротивление теплопередаче стен в соответствии с требованиями 5.11 ТКП 45-2.04-43, а также распределение влажности по толще наружных ограждающих конструкций в момент обследования и расчетный тепловлажностный годовой режим ограждающих конструкций.

7.1.7 Проверку несущей способности элементов здания следует выполнять в соответствии с действующими ТНПА. Несущая способность фундаментов здания должна быть обеспечена с учетом дополнительной нагрузки от веса систем утепления. При тепловой изоляции стен, проектируемых с использованием легкой штукатурной системы утепления, несущую способность элементов здания допускается не проверять.

7.1.8 В проектной документации должны быть приведены основные технические требования к производству работ, в том числе допустимые температурные интервалы, порядок выполнения работ, технологические перерывы, а также особенности устройства основных конструктивных элементов и узлов системы утепления.

7.1.9 В раздел «Проект организации строительства» проектной документации на тепловую изоляцию ограждающих конструкций зданий необходимо включать основные требования к организации работ, в том числе без прекращения эксплуатации здания, к организации строительной площадки, местам хранения материалов, техническим характеристикам средств подмащивания и основным механизмам.

7.2 Стены

7.2.1 Для увеличения сопротивления теплопередаче наружных стен следует использовать следующие системы утепления:

- легкие штукатурные;
- тяжелые штукатурные;
- вентилируемые;
- на основе монолитных утеплителей;
- облицовочные (комплексные);
- системы внутреннего утепления ниш радиаторов.

7.2.2 Системы утепления должны проектироваться с наружной (холодной) поверхности стены. Внутреннее утепление наружных стен допускается проектировать в отдельных зданиях, являющихся объектами историко-культурного наследия. При этом должны быть разработаны конструктивные мероприятия, исключающие выпадение конденсата на стыке утепляющих слоев и материала стены, в местах пересечения утепляющего слоя с плитами перекрытий и внутренними поперечными стенами, а также на гранях проемов, что должно подтверждаться расчетом температурных полей. Также допускается проектировать внутреннее утепление ниш для радиаторов.

7.2.3 Тип утеплителя и других конструктивных элементов для систем утепления стен, в зависимости от их горючести, следует принимать в соответствии с противопожарными требованиями, установленными в действующих ТНПА.

7.2.4 При проектировании противопожарных поясов следует использовать только негорючие материалы. Размеры поясов и отсечек принимаются в соответствии с конструктивными решениями, подтвержденными огневыми испытаниями.

7.2.5 Деформационные швы в системах утепления следует проектировать по результатам расчета прочности и деформаций несущих элементов, армированных, декоративно-защитных слоев и облицовок. Как правило, в системах утепления следует предусматривать деформационно-усадочные швы в местах устройства таких швов в подосновах.

7.2.6 Карнизные водоотводящие элементы должны выступать за поверхность декоративно-защитного слоя или облицовки не менее чем на 80 мм, оконные сливы — не менее чем на 50 мм. Для герметизации мест примыкания следует использовать уплотнительные расширяющиеся ленты или другие герметизирующие материалы.

7.3 Легкая штукатурная система утепления наружных стен

7.3.1 В легких штукатурных системах утепления теплоизоляционный слой приклеивается к подоснове, армированный и декоративно-защитный слои располагаются непосредственно на утеплителе. Несущими элементами конструкции являются теплоизоляционные плиты и анкерные устройства. Суммарная толщина армированного и декоративно-защитного слоев не должна превышать 15 мм.

7.3.2 На участках стен, где возможны механические воздействия на легкую штукатурную систему утепления в процессе эксплуатации (нижняя часть фасадов — не менее 2,5 м от отметки уровня земли, участки стен на эксплуатируемых лоджиях или балконах, спуски в подвалы и т. п.), следует предусматривать армированный слой с двумя слоями армирующего материала или применять тяжелую штукатурную систему утепления.

7.3.3 При использовании пенополистирольных утеплителей следует предусматривать противопожарные пояса в соответствии с техническими решениями системы. Высота (ширина) противопожарных поясов должна подтверждаться натурными огневыми испытаниями.

7.3.4 Стыки утеплителей из разнородных материалов следует усиливать полосой армирующего материала шириной не менее 200 мм.

7.3.5 Цокольные планки следует крепить к подоснове винтовыми крепежными элементами. Тип крепежных элементов и глубина заделки в несущую часть подосновы подбирается в зависимости от типа материала подосновы. Количество крепежных элементов должно быть не менее 3 шт. на 1 пог. м. Соединение цокольных планок по длине следует проектировать при помощи специальных соединительных накладок; зазор между стыкуемыми планками, как правило, должен составлять от 2 до 3 мм.

7.3.6 Приведенное сопротивление теплопередаче, при использовании легкой штукатурной системы утепления, R_T , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, с учетом влияния анкеров, допускается определять по формуле

$$R_T = r^n \cdot R_0, \quad (27)$$

где r — расчетный коэффициент термической однородности, принимаемый по таблице 2;

n — количество анкеров, устанавливаемых на 1 м^2 системы;

R_0 — сопротивление теплопередаче утепленной ограждающей конструкции без учета теплопроводных включений, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Таблица 2 — Расчетный коэффициент термической однородности

Тип сердечника анкеров	Расчетный коэффициент термической однородности r
Металлический, \varnothing 6 мм	0,973
Металлический, \varnothing 5,5 мм	0,978
Металлический, \varnothing 5 мм	0,982
Пластмассовый или стеклопластиковый	1

7.4 Тяжелая штукатурная система утепления

7.4.1 В тяжелых штукатурных системах утепления армированный и декоративно-защитный слои располагаются непосредственно на утеплителе. Суммарная толщина декоративно-защитного и армированного слоев в тяжелых штукатурных системах должна составлять от 15 до 50 мм. Тяжелые штукатурные системы утепления могут выполняться с бесшарнирными или шарнирными анкерными устройствами.

7.4.2 Теплоизоляционный слой в системах с бесшарнирными анкерными устройствами должен быть приклеен к подоснове, в системах с шарнирными анкерными устройствами не следует приклеивать плиты к подоснове. Несущие функции в тяжелых штукатурных системах утепления выполняют анкерные устройства. Расчет анкерных устройств следует выполнять в соответствии с разделом 6.

7.5 Вентилируемая система утепления

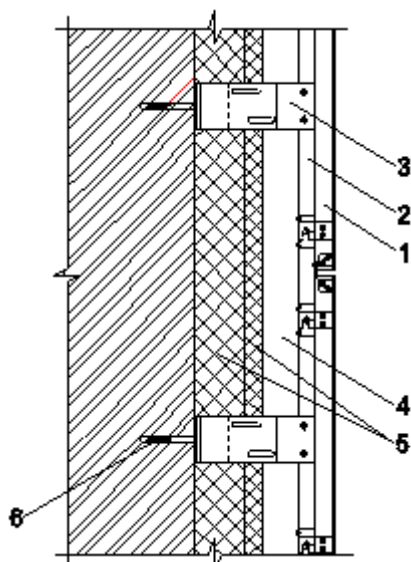
7.5.1 Вентилируемые системы утепления предусматривают возможность создания между поверхностью утеплителя и декоративно-защитным слоем (облицовкой) воздушной прослойки, обеспечивающей циркуляцию воздуха. Толщину вентилируемой воздушной прослойки следует принимать по расчету в соответствии с разделом 6.

7.5.2 Облицовки вентилируемой системы утепления подразделяются по типу облицовочного материала на легкие (до $70 \text{ кг}/\text{м}^2$), тяжелые ($70 \text{ кг}/\text{м}^2$ и более) и из мелкоштучных материалов.

7.5.3 В качестве легких облицовок могут быть металлические, композитные, керамические, керамогранитные листовые материалы, масса которых не превышает $70 \text{ кг}/\text{м}^2$. Крепление легких облицовок к подоснове, как правило, следует проектировать при помощи жестких связей (кронштейны, столики и т. п.) в соответствии с примером, приведенным на рисунке 1.

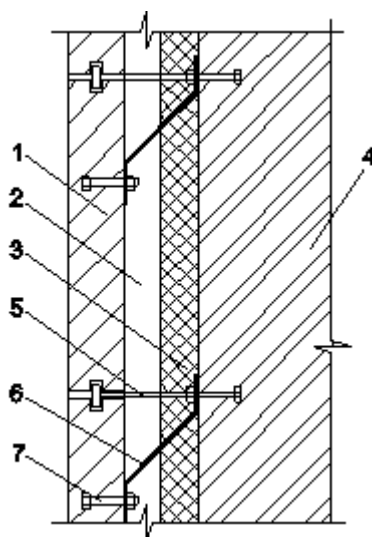
7.5.4 К тяжелыми облицовкам следует относить конструкции в виде бетонных и каменных плит, масса которых превышает $70 \text{ кг}/\text{м}^2$. Крепление тяжелых облицовок к подоснове следует проектировать при помощи шпренгельных систем в соответствии с примером, приведенным на рисунке 2.

7.5.5 К вентилируемым системам утепления с облицовкой из мелкоштучных материалов следует относить облицовки из мелкоштучных материалов (кирпича, бетонных блоков, искусственных камней и др.), опираемые на подоснову поэтажно или через этаж, или на перекрытия, или на фундаменты, или на другие конструктивные элементы зданий. В вентилируемых системах утепления с облицовкой из мелкоштучных материалов крепление облицовки к подоснове следует проектировать с использованием гибких связей (рисунок 3а) либо скользящих связей (рисунок 3б).



1 — облицовка; 2 — направляющая; 3 — кронштейн; 4 — вентилируемая воздушная прослойка;
5 — теплоизоляционный слой; 6 — крепежный элемент

Рисунок 1



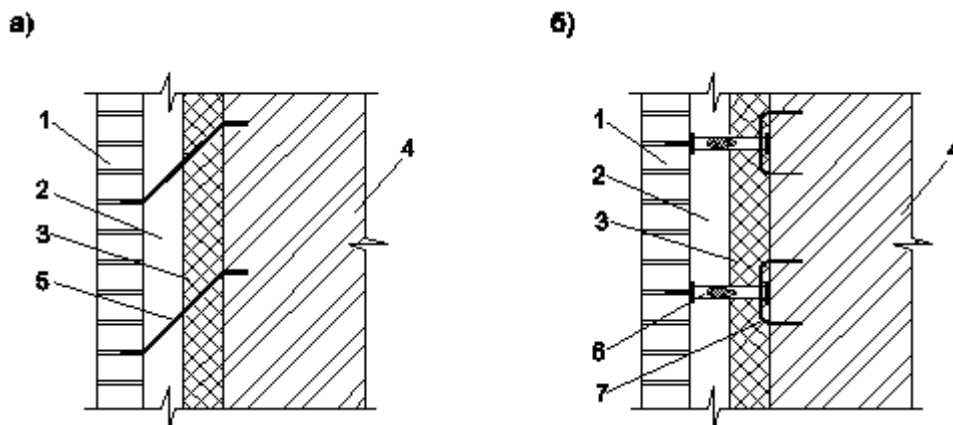
1 — облицовка; 2 — вентилируемая воздушная прослойка; 3 — теплоизоляционный слой;
4 — подоснова; 5 — связь (крепежный элемент); 6 — тяж; 7 — крепежный элемент

Рисунок 2

7.5.6 Поверхность теплоизоляционного слоя, как правило, дополнительно защищается плотными ветрозащитными плитами, диффузионными пленками, противоконденсатными пленками. Необходимость ветрозащиты утеплителя определяется расчетом сопротивления воздухопроницанию в соответствии с разделом 6.

7.5.7 В вентилируемых системах утепления в качестве декоративно-защитного слоя могут использоваться стеклофибробетонные, металлические, цементно-песчаные, цементно-стружечные, керамические, каменные, пластиковые, деревянные и т. п. материалы. Контурные швы могут быть запроектированы открытыми или закрытыми.

7.5.8 Размеры металлических элементов, элементов каркаса и крепления, связей, толщина утеплителя определяются в проектной документации.



1 — облицовка из мелкоштучных материалов; 2 — вентилируемая воздушная прослойка;
 3 — теплоизоляционный слой; 4 — подоснова; 5 — гибкая связь;
 6 — скользящая связь; 7 — направляющая скоба

Рисунок 3:

а — крепление облицовки из мелкоштучных материалов к подоснове на гибких связях;

б — крепление облицовки из мелкоштучных материалов к подоснове на скользящих связях

7.5.9 Конструктивное решение вентилируемых систем утепления должно предусматривать возможность ликвидации температурных деформаций элементов каркаса, учитывать вероятность отклонения подосновы от вертикали и его устранение при помощи конструктивных мероприятий с сохранением вертикальности облицовочного слоя и толщины вентилируемой прослойки.

7.6 Системы утепления на основе монолитных утеплителей

Системы утепления на основе монолитных утеплителей могут выполняться с использованием полиуретановых пенопластов, напыляемых на поверхность стены в соответствии с [4], с последующим нанесением армирующих и декоративно-защитных слоев (аналогично устройству легкой и тяжелой штукатурной систем), или с использованием монолитного полистиролбетона согласно проектной документации, проекту производства работ и рекомендациям по применению системы утепления.

7.7 Системы утепления на основе комплексных изделий

7.7.1 Системы утепления на основе комплексных изделий могут проектироваться как с вентилируемой воздушной прослойкой, так и без нее. Для комплексной системы утепления следует использовать двухслойные блоки, состоящие из слоя утеплителя и декоративно-защитного слоя. Крепление двухслойных блоков к стене следует выполнять при помощи клея, каркаса или крепежных элементов и связей. Нагрузка от блоков может передаваться на подоснову или фундамент с каждого ряда или поэтажно, в зависимости от применяемой конструкции. Шаг опорных элементов и связей следует принимать по расчету. Металлические элементы должны быть защищены от коррозии в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11. Для кладки двухслойных блоков следует применять сложный кладочный раствор, состав которого следует подбирать в соответствии с приложением 15 СНиП 3.03.01.

7.7.2 При проектировании кладки из комплексных блоков, как правило, следует предусматривать поэтажную передачу нагрузок на подоснову. Блоки нижнего ряда устанавливаются на опорные элементы, закрепленные к подоснове. Кладка проектируется на цементно-песчаном растворе марки по прочности не ниже 50, по морозостойкости — не ниже F50, с полным заполнением швов. При этом каждый ряд блоков должен быть закреплен к подоснове связями, материал, размер и шаг которых должны соответствовать требованиям проекта.

7.7.3 Для зданий малоэтажной застройки допускается предусматривать опирание теплоизоляционных блоков только на опорные элементы, установленные в цокольной части здания, с закреплением каждого ряда блоков к подоснове.

7.8 Цоколи

7.8.1 Для тепловой изоляции цоколей следует применять:

- системы утепления цоколей;
- системы утепления отмосток.

7.8.2 Системы утепления цоколя применяются в зданиях с подвалами или техническими подпольями. Систему утепления цоколя следует проектировать с отметки не менее 200 мм от уровня отмостки и на глубину, определяемую расчетом, с дополнительными мероприятиями по обеспечению надежной гидроизоляции низа системы утепления цоколя гидроизоляционными составами на основе цемента. Сопротивление теплопередаче цоколя ниже уровня земли следует принимать в соответствии с СНБ 4.02.01.

7.8.3 При тепловой изоляции цоколя ниже уровня отмостки следует использовать пенополистирольные плиты или пеностекло. Толщину теплоизоляционного слоя следует определять расчетом.

7.8.4 Тепловая изоляция цоколя ниже уровня отмостки и система утепления отмостки, как правило, должны применяться при необходимости увеличения сопротивления теплопередаче цоколя.

7.8.5 Системы утепления отмостки, как правило, следует применять при тепловой изоляции бесподвальных зданий, при этом утеплитель (экструдированный пенополистирол или пеностекло) следует укладывать под отмостку на песчаную или бетонную подготовку толщиной не менее 50 мм. По утеплителю следует проектировать гидроизоляцию из пленочных или рулонных материалов.

7.9 Кровли

7.9.1 Для увеличения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций крыш могут применяться следующие системы утепления:

- совмещенная система утепления плоских кровель;
- вентилируемая система утепления плоских кровель;
- инверсионная система утепления плоских кровель;
- вентилируемая система утепления скатных кровель.

Конструкция кровель должна соответствовать требованиям СНБ 5.08.01.

7.9.2 При выборе системы утепления существующих зданий следует провести обследование несущих конструкций, пароизоляции, тепловой изоляции, стяжек оснований под кровлю и кровли. Следует предварительно определить необходимость сохранения старой тепловой изоляции. Пригодность элементов существующей крыши к дальнейшей эксплуатации следует определять в соответствии с требованиями 6.5 и 6.6 СНБ 5.08.01. В случае непригодности элементов существующей крыши к дальнейшей эксплуатации дополнительное утепление выполнять нецелесообразно и в проекте следует предусмотреть полную замену элементов существующей кровли на новые.

7.9.3 Для систем утепления крыш в проектах должны предусматриваться материалы, соответствующие требованиям СНБ 5.08.01. Расчет прочности теплоизоляционных материалов эксплуатируемых кровель следует выполнять в соответствии с разделом 6.

7.9.4 Крепление материалов на кровле следует осуществлять при помощи клеев, мастик, анкерных устройств, крепежных элементов или с использованием пригрузов из насыпных или плиточных материалов.

7.9.5 В вентилируемых системах утепления плоских кровель должна быть обеспечена ограниченная циркуляция воздуха по наружной (холодной) поверхности утеплителя путем устройства вентиляционных каналов. Вентиляционные каналы могут быть созданы путем укладки утеплителей, имеющих рифленую поверхность. Площадь сечения вентиляционных каналов определяется расчетом. Допускается размещение поверх основного утеплителя полос из теплоизоляционных материалов, прочность которых определяется расчетом, и поверх их плоских листовых материалов, например плоских асбестоцементных листов или листов из мелкозернистого бетона. Ширина вентиляционных каналов зависит от прочностных характеристик материалов утеплителя и листовых материалов.

7.9.6 Удаление воздуха из вентиляционных каналов следует обеспечивать путем установки на кровле вентиляционных аэраторов с естественной или принудительной вентиляцией. Количество вентиляционных аэраторов и размеры сечений вентиляционных каналов следует определять расчетом.

7.9.7 Вентилируемые системы утепления скатной кровли следует проектировать с изоляцией стропил с наружной стороны минераловатными утеплителями, при этом следует применять несколько слоев теплоизоляционных материалов, укладываемых таким образом, чтобы были перекрыты все деревянные или металлические элементы. Толщина теплоизоляционного материала над стропилами должна быть не менее 50 мм.

7.9.8 Толщину вентилируемой воздушной прослойки в системах утепления кровель следует принимать не менее 50 мм, площадь сечения вентиляционных каналов, входных и выходных отверстий определяется расчетом.

7.9.9 В качестве теплоизоляционного слоя систем утепления инверсионных кровель следует использовать пеностекло или экструдированный пенополистирол.

7.9.10 Теплоизоляционные, кровельные материалы и защитные покрытия следует проектировать с учетом требований ТКП 45-2.02-92.

7.10 Чердачные перекрытия

7.10.1 При использовании систем утепления чердачных перекрытий высота проходов после укладки дополнительных материалов должна соответствовать нормативным требованиям. Теплоизоляционный слой в системе утепления неэксплуатируемых чердачных перекрытий, как правило, следует проектировать с использованием плитных утеплителей. Полы и защитные стяжки на эксплуатируемых чердачных перекрытиях следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.03.13. Допускается не устраивать защитных стяжек на неэксплуатируемых чердачных перекрытиях при использовании утеплителей из пеностекла, легких бетонов, минераловатных утеплителей плотностью не менее 120 кг/м³ и прочностью на сжатие при 10 % деформации более 40 кПа, при условии устройства ходовых мостиков и защиты утеплителя от мусора, например, при укладке по поверхности негорючих стеклосеток или других негорючих паропроницаемых материалов.

7.10.2 При проектировании «холодных чердаков» с применением систем утепления чердачного перекрытия следует обеспечивать вентиляцию чердачного пространства в соответствии с требованиями СНБ 4.02.01. Не допускается конденсация влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций. Для улучшения температурно-влажностного режима чердачных помещений, высыхания ограждающих конструкций, снижения обледенения водоотводящих элементов крыш с наружным водостокom необходимо предусматривать в крышах слуховые окна или специальные вентиляционные отверстия под свесом кровли и вдоль конька.

7.10.3 Под проектируемыми малоинерционными покрытиями кровли, например, из металла следует предусматривать антиконденсатную пленку. Все металлические конструкции, расположенные в «холодных чердаках», должны быть защищены от коррозии.

7.10.4 По периметру чердака у наружных стен, имеющих продухи, следует предусмотреть дополнительный слой утеплителя шириной 0,7–1,0 м и толщиной не менее 50 % от основного, с обязательной защитой поверхности стяжкой или листовыми материалами.

7.10.5 Вентиляционные шахты, вентиляционные каналы и стояки, а также трубопроводы, проходящие через холодное чердачное пространство, должны быть утеплены на всю высоту чердака. Воздух, поступающий из системы вентиляции, следует выводить за пределы чердака. Для этих целей рекомендуется использовать специальные кровельные элементы, входящие в номенклатуру изделий конкретного вида кровли.

7.10.6 При модернизации «теплых чердаков» должна быть восстановлена система вентиляции. Для увеличения сопротивления теплопередаче стен «теплых чердаков» следует использовать аналогичные системы утепления наружных стен. Для повышения величины сопротивления теплопередаче покрытий «теплых чердаков» следует использовать системы утепления плоских или наклонных кровель.

7.11 Перекрытия над подвалами

7.11.1 Тепловую изоляцию плит перекрытий следует проектировать с использованием систем утепления пола или систем утепления перекрытий. Системы утепления перекрытий над подвалами и проездами могут проектироваться с декоративно-защитным слоем или без него.

7.11.2 Система утепления может проектироваться как с использованием каркасов, так и без них. Допускается приклеивать теплоизоляционный материал к перекрытию снизу, с последующим креплением анкерными устройствами или без крепления. При этом прочность теплоизоляционного материала и анкерное крепление должны быть проверены расчетом согласно 6.6 и 6.10 при проектировании систем утепления перекрытий.

7.11.3 При использовании несущих каркасов к подоснове при помощи крепежных элементов закрепляется каркас из деревянных брусков или металлических профилей. К каркасу закрепляются теплоизоляционный и декоративно-защитный слой. Декоративно-защитный слой, как правило, должен

ТКП 45-3.02-113-2009

проектироваться из листовых материалов. Допускается использовать в качестве декоративно-защитного слоя штукатурку по металлической сетке, закрепленную к каркасу или непосредственно к подоснове через теплоизоляционный слой. Каркас в этом случае может не предусматриваться.

7.11.4 Низ системы утепления перекрытий над подвалами должен быть расположен выше низа теплоизоляционного слоя системы утепления наружных стен или цоколя не менее чем на 250 мм.

Приложение А
(рекомендуемое)

**Измеряемые технические показатели и методы, приборы и оборудование,
применяемые при обследовании наружных ограждающих конструкций зданий**

А.1 Обследование наружных ограждающих конструкций следует производить с учетом требований ТНПА с использованием переносного комплекта средств измерений, приведенных в таблице А.1.

Таблица А.1 — Методы натуральных измерений, приборы и оборудование

Измеряемые технические показатели	Метод выполнения измерений	Приборы и оборудование
Геометрические размеры помещений и конструкций, вертикальность и горизонтальность конструкций, углы	ГОСТ 26433.2	Лазерный дальномер Дисто-Классик Рулетка стальная Линейка Теодолит 4Т30П Электронный тахеометр Trimble M3 Электронный уровень BMI Inclі Tronic plus Рейка контрольная длиной 2000 мм
Геометрические размеры конструкций (толщина слоев конструкций)	ГОСТ 26433.1	Штангенциркуль Измеритель толщины слоев Константа К5 Рулетка Линейка
Состояние конструкций (наличие повреждений, трещин, ширина раскрытия)	ГОСТ 26433.1	Штангенциркуль Микроскоп Набор щупов
Температура воздуха	ГОСТ 26254	Измеритель температуры ИТ-5
Относительная влажность воздуха	ГОСТ 26254 Инструкция к прибору	Психрометр аспирационный
Массовая влажность материала конструкции	Инструкция к прибору	Влагомер ВСКМ-12У
Коэффициенты теплопроводности материалов	ГОСТ 26254 Инструкция к прибору	Электронный измеритель теплопроводности ИТП-МГ4
Воздухообмен (скорость воздушного потока)	Инструкция к прибору	Анемометр цифровой переносной Секундомер
Усилие вырыва анкерного устройства	ГОСТ 26998-86 Методика УП «Институт НИПТИС»	Приспособление, обеспечивающее приложение нагрузки вдоль оси анкерного устройства. Диапазон измерения прибора от 0,01 до 3 кН
Однородность распределения температурного поля по поверхности стен фасадов	Инструкция к прибору	Термограф «ИРТИС-2000»
Прочность сцепления (адгезия) наружных слоев подосновы	СТБ 1473	Измеритель прочности сцепления (адгезии) облицовочных и защитных покрытий ПСО-2,5 МГ4 Молоток массой 50 г

A.2 Лабораторные исследования материалов образцов следует проводить с учетом требований ТНПА с использованием стационарного комплекта средств измерений в соответствии с таблицей А.2.

Таблица А.2 — Методы лабораторных измерений, приборы и оборудование

Измеряемые технические показатели	Используемые приборы и оборудование
Плотность образца	Линейка Штангенциркуль Весы аналитические лабораторные ВПА-200г-М Весы электронные настольные универсальные ВНУ2/15 Весы лабораторные универсальные ARC-120
Влажность образцов	Низкотемпературная лабораторная электропечь SNOL 67/350 Весы лабораторные универсальные ARC-120
Прочность на растяжение, сжатие, изгиб, срез	Машина универсальная разрывная 2166 Р-5 Пресс испытательный ИП-500

Приложение Б (справочное)

Примеры расчета систем утепления наружных ограждающих конструкций зданий

Расчет прочности и допустимых деформаций элементов систем утепления, проверку несущей способности элементов здания при его тепловой модернизации следует выполнять в соответствии с действующими ТНПА.

Б.1 Расчет прочности и деформаций теплоизоляционных материалов

Б.1.1 Расчет прочности и деформаций материалов теплоизоляционного слоя систем утепления перекрытий, полов, крыш и других систем, в которых теплоизоляционный слой подвержен действию сжимающих нагрузок, следует выполнять в соответствии с 6.6.1 и 6.6.2.

Б.1.2 По результатам расчета следует скорректировать толщину и коэффициент теплопроводности материала теплоизоляционного слоя, изменившиеся при деформациях сжатия.

Б.1.3 Расчет прочности и деформаций материалов теплоизоляционного слоя систем утепления перекрытий, а также других систем, в которых теплоизоляционный слой подвержен действию нагрузок, вызывающих растяжение и сдвиг (кроме легких и тяжелых штукатурных систем утепления стен), следует выполнять в соответствии с 6.6.1 и 6.6.2.

Б.1.4 По результатам расчета следует предусмотреть крепление утеплителя при помощи анкерных устройств или каркасов или, при необходимости, применить в качестве утеплителя другой материал.

Б.2 Пример расчета прочности и относительной деформации теплоизоляционного слоя системы утепления чердачного перекрытия

Б.2.1 Исходные данные

Выполнить расчет прочности и деформации теплоизоляционного слоя системы утепления чердачного перекрытия (рисунок Б.1). В качестве теплоизоляционного материала использованы минераловатные плиты плотностью 100 кг/м^3 , с расчетным модулем упругости 80 кПа , прочностью на сжатие 10 кПа . Зависимость коэффициента теплопроводности от относительной деформации материала приведена на графике (рисунок Б.2). Нормативную нагрузку на перекрытие следует принять равной $0,7 \text{ кПа}$.

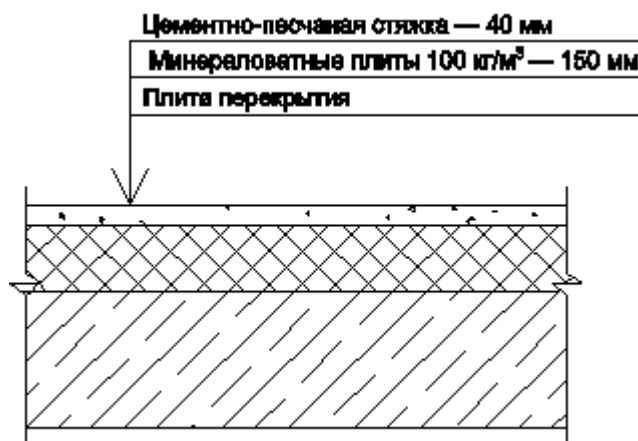


Рисунок Б.1



Рисунок Б.2

Б.2.2 Порядок расчета

Относительная деформация теплоизоляционного материала в соответствии с формулой (17):

$$\varepsilon = \frac{0,7 + 22 \cdot 0,04 + 1,0 \cdot 0,15}{80} \cdot 100 = 2 \%$$

Толщина теплоизоляционного материала после деформации

$$t = 150 - 150 \cdot 0,02 = 147 \text{ мм.}$$

Коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала после 2 % деформации по графику (см. рисунок Б.2) составляет 0,06 Вт/(м · °С).

Б.3 Пример расчета прочности и относительной деформации теплоизоляционного слоя системы утепления конструкций лестниц, перекрытий, а также других систем, в которых теплоизоляционный слой подвержен действию нагрузок, вызывающих растяжение и сдвиг (кроме легких и тяжелых штукатурных систем утепления стен), следует выполнять в соответствии с 6.6.2.

Б.3.1 Исходные данные

Выполнить расчет прочности минераловатных плит, приклеиваемых снизу к утепляемой конструкции лестницы с последующим армированием и штукатуркой, в соответствии с рисунком Б.3. Размеры минераловатных плит 1000×500 мм, площадь приклеивания — 30 % от площади поверхности плиты. Расчетная прочность плиты на отрыв волокон 10 кПа, на сдвиг — 30 кПа.

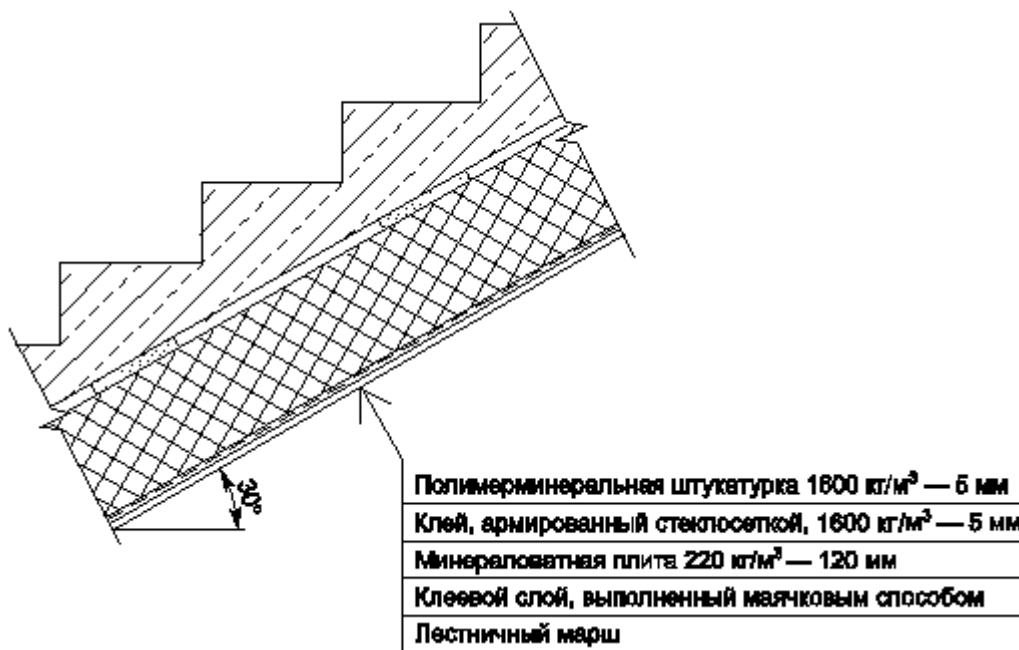


Рисунок Б.3

Б.3.2 Порядок расчета

Расчетная вертикальная нагрузка

$$P = 0,005 \cdot 16 + 0,005 \cdot 16 + 2,2 \cdot 0,12 = 0,424 \text{ кН.}$$

Составляющая расчетной нагрузки, направленная параллельно приклеивающей поверхности минераловатной плиты,

$$q_x = 0,424 / \cos 30^\circ = 0,49 \text{ кН.}$$

Составляющая расчетной нагрузки, направленная перпендикулярно поверхности плиты,

$$q_y = 0,424 / \sin 30^\circ = 0,85 \text{ кН.}$$

Проверка прочности минераловатной плиты на растяжение из условия формулы (18):

$$\frac{0,85}{0,3 \cdot 1 \cdot 0,5} = 5,7 \text{ кПа} \leq 10 \text{ кПа} \text{ — условие выполнено.}$$

Проверка прочности плиты на сдвиг из условия формулы (19):

$$\frac{0,49}{0,3 \cdot 1 \cdot 0,5} = 3,3 \text{ кПа} \leq 30 \text{ кПа} \text{ — условие выполнено.}$$

Б.4 Расчет прочности легкой штукатурной системы утепления

Б.4.1 Расчет прочности теплоизоляционного слоя легкой штукатурной системы утепления следует выполнять на растяжение и сжатие от нагрузок собственного веса и ветровых нагрузок с учетом схемы приклеивания его к подоснове, установки анкерных устройств и наличия мест опирания на цокольные планки или другие элементы. При этом, как правило, теплоизоляционный слой следует моделировать объемными конечными элементами, анкерные устройства — податливыми опорами.

Б.4.2 По результатам расчета, при необходимости, следует предусмотреть или дополнительное крепление утеплителя анкерными устройствами, или применить другой материал.

Б.4.3 Расчет прочности армированного и декоративно-защитного слоев легкой штукатурной системы утепления следует выполнять с учетом усилий, возникающих от воздействия усадки, ветровых и температурных нагрузок, нагрузок от собственного веса методом конечных элементов с учетом податливости связей армированного слоя с теплоизоляционным материалом. Конструкцию, как правило, следует моделировать стержневыми конечными элементами, позволяющими получать величины усилий растяжения, сжатия и изгиба. Длину конечных элементов следует принимать не более 100 мм.

Б.5 Пример расчета прочности теплоизоляционного слоя легкой штукатурной системы утепления**Б.5.1 Исходные данные**

Выполнить расчет прочности теплоизоляционного слоя легкой штукатурной системы утепления из минераловатных плит. Размеры плит 1000×500 мм. Расчетная плотность плиты 150 кг/м³, предел прочности на сжатие 45 кПа, на растяжение — 25 кПа, модуль упругости 400 кПа, коэффициент Пуассона 0,22. Расчетная нагрузка от армированного и декоративно-защитного слоев 2 кН/м², ветровая нагрузка 0,5 кН/м². Плиты приклеиваются по контуру полосами шириной 100 мм.

Б.5.2 Порядок расчета

Расчет выполняется для фрагмента системы утепления размерами 1×1 м (две плиты). Расчетная схема приведена на рисунке Б.4, где P_g — нагрузка от веса системы утепления, P_v — ветровая нагрузка.

Материал моделируется объемными конечными элементами размерами 100×100×100 мм. Клеевое соединение моделируется связями, устанавливаемыми в узлах конечных элементов (рисунок Б.5).

Расчет выполняется программой SCAD. Результаты расчета приведены на рисунке Б.6.

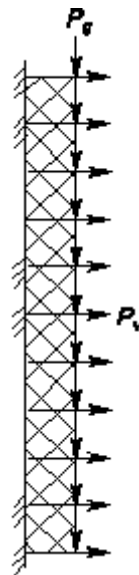


Рисунок Б.4

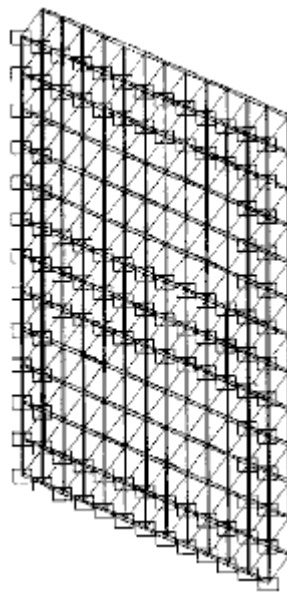


Рисунок Б.5

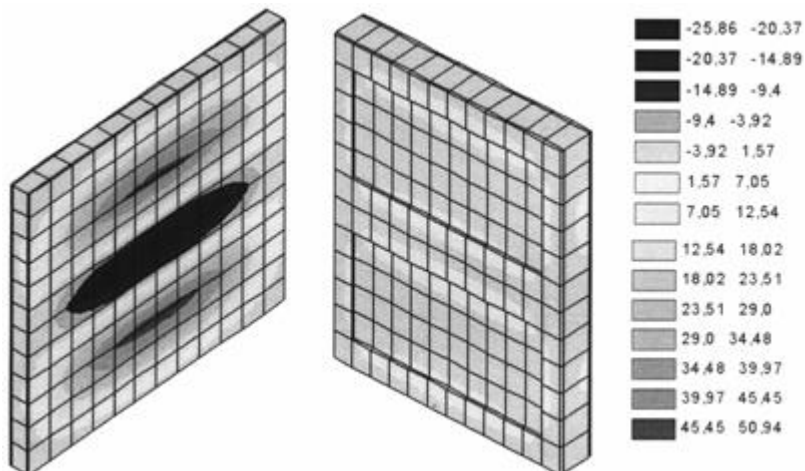


Рисунок Б.6

Как видно из рисунка, максимальные напряжения растяжения превышают расчетную прочность утеплителя.

$$\sigma_t = 50,94 \text{ кПа} > 25 \text{ кПа};$$

$$\sigma_c = 25,86 \text{ кПа} < 45 \text{ кПа}.$$

Для обеспечения прочности теплоизоляционного материала предусматривается дополнительное приклеивание плит по центру полосой клея шириной 100 мм и устанавливаются анкерные устройства в количестве 5 шт.

Результаты пересчета системы утепления с внесенными изменениями приведены на рисунке Б.7.

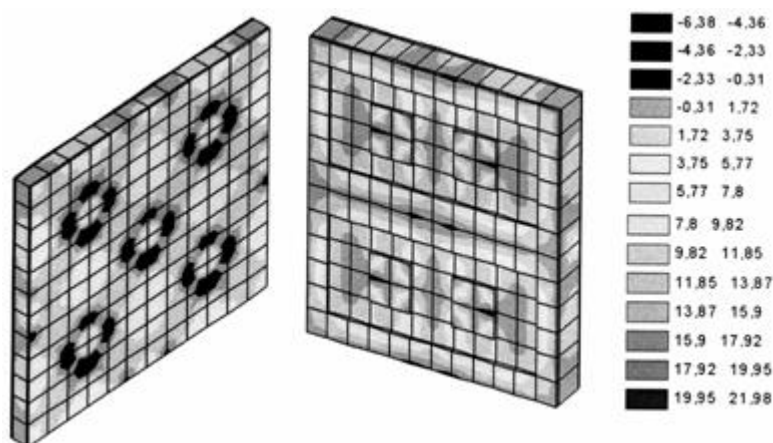


Рисунок Б.7

Как видно из рисунка, максимальные напряжения растяжения в измененной конструкции не превышают расчетную прочность утеплителя.

$$\sigma_t = 21,98 \text{ кПа} < 25 \text{ кПа};$$

$$\sigma_c = 6,38 \text{ кПа} < 45 \text{ кПа}.$$

Б.6 Пример расчета прочности армированного и декоративно-защитного слоев легкой штукатурной системы утепления

Б.6.1 Исходные данные

Выполнить расчет прочности армированного и декоративно-защитного слоев легкой штукатурной системы утепления. Расчетная толщина теплоизоляционного слоя 100 мм, общая толщина армированного и декоративно-защитного слоев 10 мм. Диаметр анкерного устройства 6 мм, модуль изгиба 5000 МПа.

Расчетная плотность материалов армированного и декоративно-защитного слоев 1600 кг/м³, предел прочности при сжатии 1 МПа, при растяжении — 0,2 МПа, коэффициент Пуассона 0,17, модуль

упругости 15 000 МПа, модуль сдвига 7500 МПа.

Расчетная плотность минераловатной плиты 150 кг/м³, модуль упругости 400 кПа, модуль сдвига 250 кПа, коэффициент Пуассона 0,22.

Расчетная ветровая нагрузка 0,5 кН/м².

Б.6.2 Порядок расчета

Расчет выполняется для сплошного фрагмента системы утепления размерами 3×3 м и для участка с проемом. Расчетные схемы приведены на рисунке Б.8, где P_g — нагрузка от веса системы утепления, P_v — ветровая нагрузка.

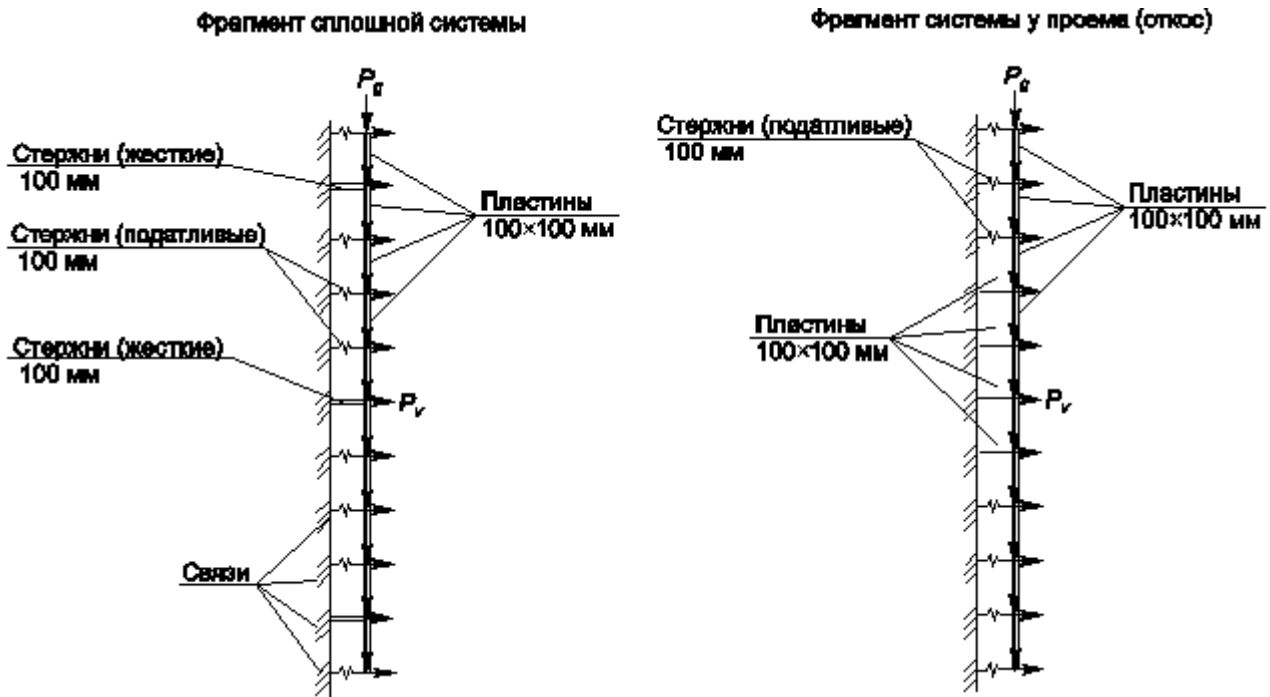


Рисунок Б.8

Материал армированного и декоративно-защитного слоев моделируется пластинами размерами 100×100 мм, материал теплоизоляционного слоя — стержнями конечной жесткости размером 100 мм. Анкерные устройства моделируются стальными стержнями.

Величина податливости связей PD , Н/м, в методе конечных элементов определяется по формулам (20) и (21) и составляет:

— для плит в направлении вдоль поверхности

$$PD_y = GL = 250 \cdot 0,1 = 25 \text{ кН/м};$$

— для плит в направлении перпендикулярном поверхности

$$PD_x = Et = 400 \cdot 0,1 = 40 \text{ кН/м};$$

— для анкерного устройства в направлении вдоль поверхности плит

$$PDA_y = E_a L_a = 5\,000\,000 \cdot 0,1 = 500\,000 \text{ кН/м}.$$

Расчет выполняется программой SCAD. Результаты расчета системы утепления для участка системы с проемами приведены на рисунке Б.9, для сплошного участка — на рисунке Б.10.

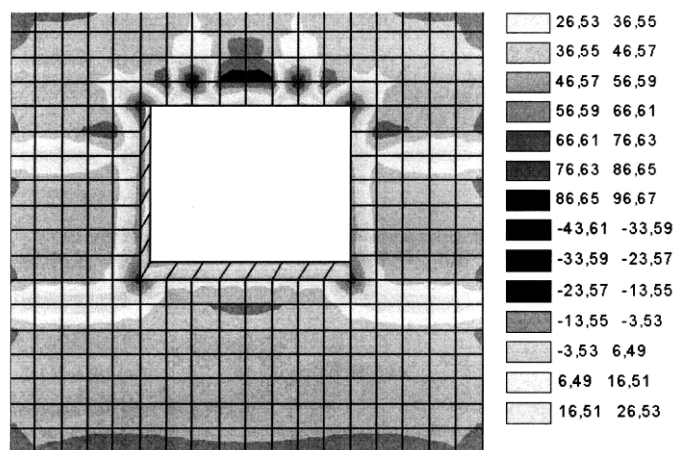


Рисунок Б.9

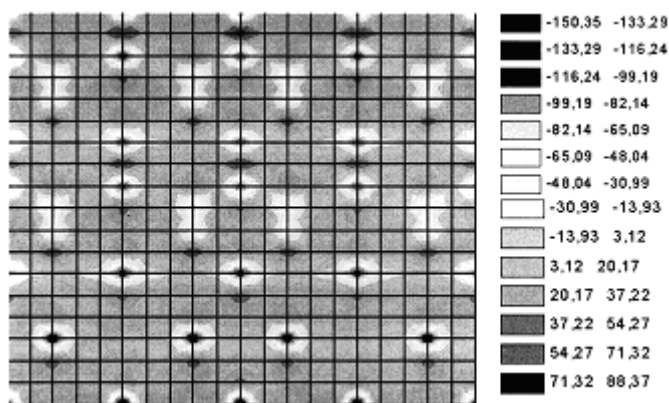


Рисунок Б.10

Как видно из рисунков, максимальные напряжения в армированном и декоративно-защитном слоях системы утепления сконцентрированы в местах установки анкерных устройств и на углах проемов. Максимальные величины напряжений не превышают расчетных значений прочности материала при растяжении и сжатии.

$$\sigma_t = 88,37 \text{ кПа} < 200 \text{ кПа};$$

$$\sigma_c = 150,35 \text{ кПа} < 1000 \text{ кПа}.$$

Б.7 Расчет прочности тяжелой штукатурной системы утепления

Расчет прочности тяжелой штукатурной системы утепления следует выполнять методом конечных элементов аналогично расчету прочности легкой штукатурной системы утепления. Расчет следует выполнять в соответствии с 6.8. При разработке также следует определить угол наклона шарнирных анкерных устройств и их количество.

Б.8 Пример расчета шарнирных анкерных устройств тяжелой штукатурной системы утепления

Б.8.1 Исходные данные

Выполнить расчет шарнирных анкерных устройств тяжелой штукатурной системы утепления. Армированный и декоративно-защитный слои выполнены из цементно-песчаного раствора толщиной 20 мм. Предел прочности на растяжение стержней шарнирных анкерных устройств составляет 21 МПа.

Расчетная ветровая нагрузка 0,5 кН/м².

Расчетная схема приведена на рисунке Б.11, где P_g — нагрузка от веса системы утепления, P_v — ветровая нагрузка, N — усилие натяжения анкера, R — реакция опоры теплоизоляционного материала, t — толщина теплоизоляционного материала, h — расстояние между головкой анкерного устройства на поверхности теплоизоляционного материала и местом его крепления к подоснове, f — угол наклона анкерного устройства к подоснове.

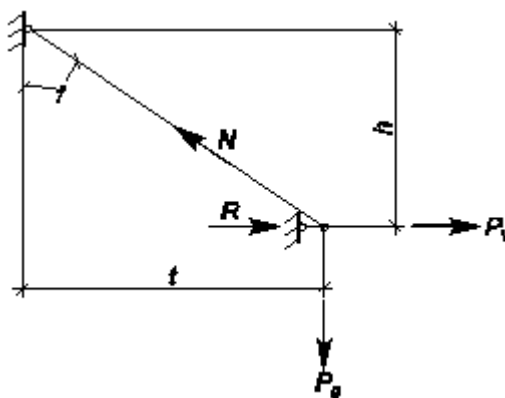


Рисунок Б.11

Б.8.2 Порядок расчета

Нагрузка на 1 м² от собственного веса армированного и декоративно-защитного слоев

$$P_g = 20 \cdot 0,02 = 0,4 \text{ кН.}$$

$$\begin{cases} R + Pv - N \cdot \cos(90^\circ - f) = 0 \\ -Pg + N \cdot \sin(90^\circ - f) = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R + 0,5 - N \cdot \cos(90^\circ - f) = 0 \\ -0,4 + N \cdot \sin(90^\circ - f) = 0. \end{cases}$$

Получаем $N = 0,56 \text{ кН}$, $R = -0,104 \text{ кН}$.

Так как R имеет отрицательное значение, устойчивость системы при действии ветровой нагрузки не обеспечена.

Для обеспечения устойчивости при действии ветровой нагрузки увеличиваем угол наклона стержней шарнирных анкерных устройств до 60°.

Пересчитав систему, получим $N = 0,8 \text{ кН}$, $R = 0,193 \text{ кН}$.

Прочность анкерного устройства по формуле (25) при установке двух анкерных устройств диаметром 4 мм на 1 м² системы

$$\frac{0,56 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \pi \cdot 0,002^2} = 22,3 \text{ кПа} \leq 210 \text{ кПа} \text{ — прочность обеспечена.}$$

Б.9 Расчет воздушной прослойки вентилируемой системы утепления

Расчет воздушной прослойки вентилируемой системы утепления следует выполнять в соответствии с 6.3.1 – 6.3.16. Расчет выполняется из условия исключения возможности конденсации влаги в прослойке. При выполнении расчета определяется количество воздуха, необходимое для вентиляции, и соответствующая ширина прослойки.

Б.10 Пример расчета воздушной прослойки вентилируемой системы утепления

Б.10.1 Исходные данные

Выполнить расчет воздушной прослойки вентилируемой системы утепления, приведенной на рисунке Б.12, проектируемой для стены высотой 15 м.

Конструктивное решение стены (коэффициенты теплопроводности, толщина слоев и коэффициенты паропроницаемости материалов):

- 1 Кладка из кирпича: $\lambda_1 = 0,8 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; $\delta_1 = 0,38 \text{ м}$; $\mu_1 = 0,1 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.
- 2 Минераловатная плита: $\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; $\delta_2 = 0,08 \text{ м}$; $\mu_2 = 0,5 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.
- 3 Вентилируемая воздушная прослойка: $\delta_3 = \delta_p = 0,05 \text{ м}$.
- 4 Облицовка: $\lambda_4 = 0,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; $\delta_4 = 0,1$; $\mu_4 = 0,02 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$.

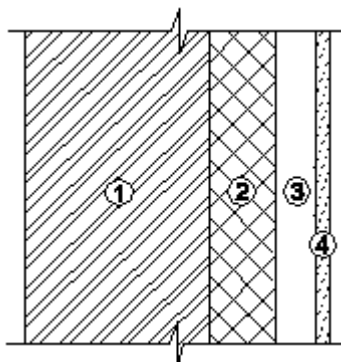


Рисунок Б.12

В соответствии с 6.3.4 сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \xi$ принимается равной 3,5 (0,5 — на входе в прослойку, 1,0 — на выходе из прослойки и по 1,0 — на входную и выходную решетки).

В соответствии с 6.3.7 коэффициент теплоотдачи поверхности в прослойке для вентилируемых воздушных прослоек высотой 12 м и более принимается равным 12 Вт/(м² · °C).

Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности стены 8,7 Вт/(м² · °С), наружной поверхности облицовки — 23 Вт/(м² · °С).

Расчетная температура и влажность внутреннего воздуха:

$$t_{\text{int}} = 27 \text{ °С}; f_{\text{int}} = 67 \text{ \%}.$$

Расчетная температура и относительная влажность наружного воздуха:

$$t_{\text{ext}} = -24 \text{ °С}; f_{\text{ext}} = 85 \text{ \%}.$$

Б.10.2 Порядок расчета

Задаемся температурой в прослойке $t_c = -19,773 \text{ °С}$, соответствующая плотность воздуха в прослойке $\rho_c = 1,395 \text{ кг/м}^3$.

Сопrotивление теплопередаче и коэффициенты теплопередачи элементов конструкций, расположенных с внутренней и наружной сторон вентилируемой воздушной прослойки:

$$R_{\text{int}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_m} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,8} + \frac{0,08}{0,05} + \frac{1}{12} = 2,273 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

$$R_{\text{ext}} = \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_m} = \frac{1}{23} + \frac{0,1}{0,1} + \frac{1}{12} = 0,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт},$$

$$\Lambda_{\text{int}} = \frac{1}{R_{\text{int}}} = \frac{1}{2,273} = 0,44 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)},$$

$$\Lambda_{\text{ext}} = \frac{1}{R_{\text{ext}}} = \frac{1}{0,46} = 2,173 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}.$$

Скорость и массовый расход воздуха в вентилируемой воздушной прослойке:

$$v = \sqrt{\frac{(t_c - t_{\text{ext}})h}{100 \cdot \sum \xi \cdot \rho_c}} = \sqrt{\frac{15(-19,773 + 24)}{100 \cdot 3,5 \cdot 1,395}} = 0,36 \text{ м/с},$$

$$i = 3600 \cdot v \cdot \delta \cdot \rho_c = 3600 \cdot 0,36 \cdot 0,05 \cdot 1,395 = 90,483 \text{ кг/ч}.$$

Проверка средней температуры воздуха в вентилируемой воздушной прослойке:

$$t_c = \frac{\int_0^h \frac{\Lambda_{\text{int}} \cdot t_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}} \cdot t_{\text{ext}} + t_{\text{ext}} \cdot (\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}}) - (\Lambda_{\text{int}} \cdot t_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}} \cdot t_{\text{ext}}) \cdot e^{\frac{-3600 \cdot (\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}})}{1004i}}}{\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}}} dh}{h} =$$

$$= \frac{\int_0^{15} \frac{0,44 \cdot 27 - 2,173 \cdot 24 - 24 \cdot (0,44 + 2,173) + (0,44 \cdot 24 + 2,173 \cdot 24) \cdot 2,718}{0,44 + 2,173} dh}{15} = -19,773 \text{ °С}.$$

Средняя температура воздуха в вентилируемой воздушной прослойке соответствует принятой.

Температура воздуха на выходе из вентилируемой воздушной прослойки

$$t_h = \frac{\Lambda_{\text{int}} \cdot t_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}} \cdot t_{\text{ext}} + t_{\text{ext}} \cdot (\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}}) - (\Lambda_{\text{int}} \cdot t_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}} \cdot t_{\text{ext}}) \cdot e^{\frac{-3600 \cdot (\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}}) \cdot h}{1004i}}}{\Lambda_{\text{int}} + \Lambda_{\text{ext}}} =$$

$$= \frac{0,44 \cdot 27 - 2,173 \cdot 24 - 24 \cdot (0,44 + 2,173) + (0,44 \cdot 24 + 2,173 \cdot 24) \cdot 2,178}{0,44 + 2,173} = -17,231 \text{ °С}.$$

Сопrotивление паропрооницанию и величина, обратная сопротивлению паропрооницанию элементов конструкции, расположенных с внутренней и наружной стороны вентилируемой воздушной прослойки:

$$R_{\text{pint}} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,1}{0,8} + \frac{0,08}{0,5} = 3,96 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг},$$

$$R_{\text{pext}} = \frac{\delta_n}{\lambda_n} = \frac{0,1}{0,02} = 5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг},$$

$$\Psi_{\text{int}} = \frac{1}{R_{pv}} = \frac{1}{3,96} = 0,253 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}),$$

$$\Psi_{\text{ext}} = \frac{1}{R_{pn}} = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}).$$

Упругость насыщенного водяного пара внутреннего и наружного воздуха, принимаемая по соответствующим температурам:

$$E_{\text{int}} = 3509 \text{ Па}; E_{\text{ext}} = 69 \text{ Па}.$$

Упругость водяного пара внутреннего и наружного воздуха:

$$e_{\text{int}} = 0,01 \cdot f_{\text{int}} \cdot E_{\text{int}} = 0,01 \cdot 67 \cdot 3509 = 2351 \text{ Па},$$

$$e_{\text{ext}} = 0,01 \cdot f_{\text{ext}} \cdot E_{\text{ext}} = 0,01 \cdot 85 \cdot 69 = 58,65 \text{ Па}.$$

Максимальная абсолютная влажность воздуха на выходе из прослойки

$$B = \frac{7,935}{\rho_{\text{mid}} \left(1 + \frac{t_h}{273} \right)} = \frac{7,935}{1,395 \cdot \left(1 + \frac{-17,231}{273} \right)} = 6,072 \text{ мг}/\text{кг}.$$

Упругость водяного пара на выходе из прослойки

$$e_h = \frac{\Psi_{\text{int}} \cdot e_{\text{int}} + \Psi_{\text{ext}} \cdot e_{\text{ext}} + [e_{\text{ext}} \cdot (\Psi_{\text{int}} + \Psi_{\text{ext}}) - (\Psi_{\text{int}} \cdot e_{\text{int}} + \Psi_{\text{ext}} \cdot e_{\text{ext}})] \cdot e^{-\frac{(\Psi_{\text{int}} + \Psi_{\text{ext}})h}{Bi}}}{\Psi_{\text{int}} + \Psi_{\text{ext}}} =$$

$$= \frac{0,253 \cdot 2351 + 0,2 \cdot 58,65 + [58,65 \cdot (0,253 + 0,2) - (0,253 \cdot 2351 + 0,2 \cdot 58,65)] \cdot 2,718^{\frac{-(0,253+0,2) \cdot 15}{6,072 \cdot 90,483}}}{0,253 + 0,2} = 74,357 \text{ Па}.$$

Упругость насыщенного водяного пара на выходе из прослойки, соответствующая температуре воздуха на выходе из прослойки, составляет 134,229 Па, что выше $e_h = 74,357 \text{ Па}$, следовательно, необходимое удаление влаги из вентилируемой ограждающей конструкции обеспечено.

Б.11 Расчет перераспределения влаги в ограждающей конструкции

При учете перераспределения влаги в ограждающей конструкции при ее утеплении расчетную влажность материалов подосновы следует принимать равной сорбционному влагосодержанию при расчетной влажности внутреннего воздуха, влажность материалов утеплителя — равной расчетной влажности. Коэффициенты теплопроводности указанных материалов принимаются в соответствии с указанной влажностью.

Б.12 Пример расчета сопротивления теплопередаче легкой штукатурной системы утепления с учетом перераспределения влаги

Б.12.1 Исходные данные

Выполнить расчет сопротивления теплопередаче легкой штукатурной системы утепления с учетом перераспределения влаги. Расчет выполнить для условий жилого здания, расчетную температуру наружного воздуха принять равной минус 5 °С, относительную влажность наружного воздуха принять равной 85 %, продолжительность периода влагонакопления — 150 сут.

Коэффициенты теплопроводности кирпичной кладки и внутренней штукатурки при сорбционном влагосодержании (при относительной влажности воздуха 55 %) равны соответственно 0,58 Вт/(м · °С) и 0,6 Вт/(м · °С).

Зависимость массовой влажности утеплителя от относительной влажности воздуха приведена на рисунке Б.13, зависимость коэффициента теплопроводности утеплителя от массовой влажности — на рисунке Б.14.

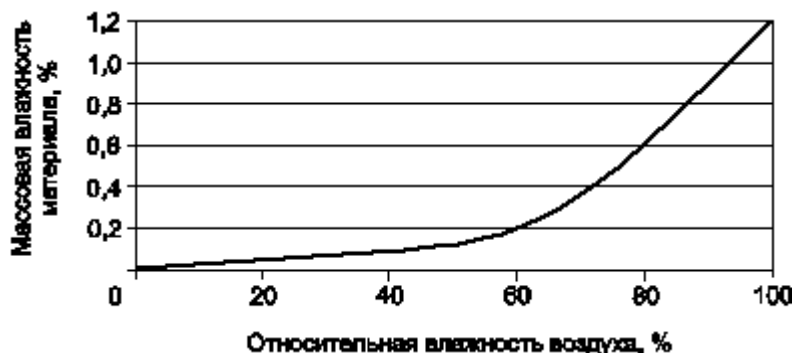


Рисунок Б.13

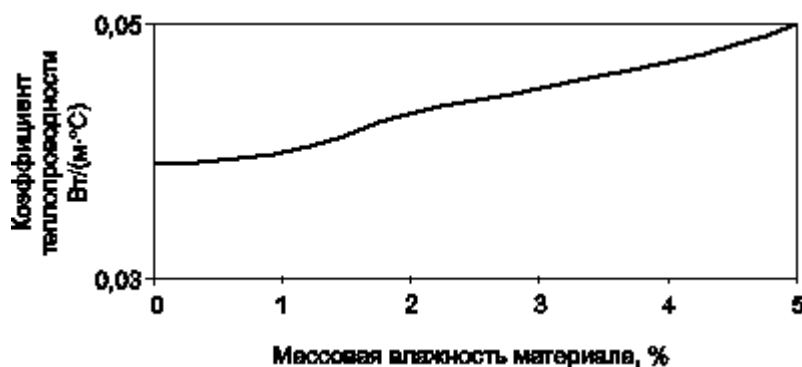


Рисунок Б.14

Б.12.2 Порядок расчета

Конструктивное решение стены (коэффициенты теплопроводности, толщины слоев и коэффициенты паропроницаемости материалов и плотность утеплителя):

- 1 Штукатурка: $\lambda_1 = 0,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; $\delta_1 = 0,02 \text{ м}$; $\mu_1 = 0,12 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$.
- 2 Кладка из кирпича: $\lambda_2 = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; $\delta_2 = 0,38 \text{ м}$; $\mu_2 = 0,11 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$.
- 3 Минераловатная плита: $\lambda_3 = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; $\delta_3 = 0,05 \text{ м}$; $\mu_3 = 0,44 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$; $\gamma_3 = 80 \text{ кг}/\text{м}^3$.
- 4 Армированный слой: $\lambda_4 = 0,87 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; $\delta_4 = 0,005 \text{ м}$; $\mu_4 = 0,02 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$.
- 5 Декоративно-защитный слой: $\lambda_5 = 0,87 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$; $\delta_5 = 0,05 \text{ м}$; $\mu_5 = 0,02 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$.
- 6 Краска: $\delta_6 = 0,001 \text{ м}$; $\mu_6 = 0,02 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$.

Коэффициенты теплоотдачи:

— внутренней поверхности стены $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$;

— наружной поверхности облицовки $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{С})$.

Сопrotивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_t = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,6} + \frac{0,38}{0,58} + \frac{0,05}{0,039} + \frac{0,005}{0,87} + \frac{1}{23} = 2,14 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Термическое сопротивление слоев конструкции, расположенных между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации,

$$R_{t0} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,6} + \frac{0,38}{0,58} + \frac{0,05}{0,039} = 1,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

Температура в плоскости возможной конденсации

$$t_0 = t_{\text{int}} - \left(\frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_t} \right) \cdot \left(R_{t0} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} \right) = 18 - \left(\frac{18 + 5}{2,14} \right) \cdot \left(1,97 + \frac{1}{23} \right) = -4,409 \text{ } ^\circ\text{С}.$$

Сопrotивление паропроницанию слоев конструкции, расположенных между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации,

$$R_{\text{int}} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,38}{0,11} + \frac{0,05}{0,44} = 3,735 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

Сопrotивление паропроницанию слоев конструкции, расположенных между плоскостью возможной конденсации и наружной поверхностью,

$$R_{\text{ext}} = \frac{\delta_4}{\mu_4} + \frac{\delta_5}{\mu_5} + \frac{\delta_6}{\mu_6} = \frac{0,005}{0,022} + \frac{0,005}{0,02} + \frac{0,001}{0,02} = 0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг.}$$

Упругость насыщенного водяного пара внутреннего и наружного воздуха, а также в плоскости возможной конденсации, принимаемые по соответствующей температуре:

$$E_{\text{int}} = 2064 \text{ Па}; E_{\text{ext}} = 402 \text{ Па}; E_0 = 422,674 \text{ Па.}$$

Упругость водяного пара внутреннего и наружного воздуха:

$$e_{\text{int}} = 0,01 f_{\text{int}} E_{\text{int}} = 0,01 \cdot 55 \cdot 2064 = 1135 \text{ Па,}$$

$$e_{\text{ext}} = 0,01 f_{\text{ext}} E_{\text{ext}} = 0,01 \cdot 85 \cdot 402 = 341,7 \text{ Па.}$$

Начальная влажность материала утеплителя, принимаемая по графику на рисунке Б.14 в зависимости от относительной влажности внутреннего воздуха, составляет $W_0 = 0,175 \%$.

Расчетная влажность материала утеплителя

$$W = W_0 + \frac{0,0024 Z_0}{\gamma_3 \cdot \delta_3} \cdot \left(\frac{e_{\text{int}} - E_0}{R_{\text{int}}} - \frac{E_0 - e_{\text{ext}}}{R_{\text{ext}}} \right) = 0,175 + \frac{0,0024 \cdot 150}{80 \cdot 0,05} \cdot \left(\frac{1135 - 422}{3,735} - \frac{422 - 342}{0,55} \right) = 4,095 \%$$

Коэффициент теплопроводности утеплителя при расчетной влажности, принимаемый по графику на рисунке Б.14, составляет $\lambda = 0,047 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Сопrotивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_t = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,6} + \frac{0,38}{0,58} + \frac{0,05}{0,047} + \frac{0,005}{0,87} + \frac{1}{23} = 1,916 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Так как полученное сопротивление теплопередаче ниже нормативного, следует увеличить толщину утеплителя.

Библиография

- [1] Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь
НПБ 36-2002 Системы утепления наружных ограждающих конструкций. Метод огневых испытаний
Утверждены приказом Главного государственного инспектора Республики Беларусь по пожарному надзору от 20 декабря 2002 года № 232.
- [2] Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь
НПБ 5-2005 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
Утверждены приказом Главного государственного инспектора Республики Беларусь по пожарному надзору от 28 апреля 2006 г. № 68.
- [3] Технические условия Республики Беларусь
ТУ РБ 05780349.017-97 Сетка стеклянная марки ССШ.
- [4] Технические условия Республики Беларусь
ТУ РБ 05891370.110-96 Пенопласты полиуретановые жесткие напыляемые марок ППУ-ЗНА-1, ППУ-ЗНА-2, ППУ-ЗНА-3.