МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНСТРОЙ РОССИИ)

ПРИКАЗ

от "14" ноября 2017 г. № 1539/пр

Москва

Об утверждении свода правил «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты»

В соответствии с Правилами разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624, подпунктом 5.2.9 пункта 5 Положения о Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1038, пунктом 42 Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил на 2016 г. и плановый период до 2017 г., утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 марта 2016 г. № 128/пр с изменениями, внесенными приказами Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 мая 2016 г. № 330/пр, от 2 августа 2016 г. № 538/пр, от 29 августа 2016 г. № 601/пр, от 9 января 2017 г. № 1/пр, **п р и к а з ы в а ю:**

1. Утвердить и ввести в действие через 6 месяцев со дня издания настоящего приказа прилагаемый свод правил «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты».

2. Департаменту градостроительной деятельности и архитектуры:

а) в течение 15 дней со дня издания приказа направить утвержденный свод правил «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты» на регистрацию в национальный орган Российской Федерации по стандартизации;

gost.e-ecolog.ru

б) обеспечить опубликование на официальном сайте Минстроя России в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» текста утвержденного свода правил «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты» в электронно-цифровой форме в течение 10 дней со дня регистрации свода правил национальным органом Российской Федерации по стандартизации.

3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на заместителя Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Х.Д. Мавлиярова.

Министр М.А. Мень

УТВЕРЖДЕН
приказом Министерства строительства и
жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации
от «14» ноября 2017 г. № 1539/пр

ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ.

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

Издание официальное

Москва 2017

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ

СП 345.1325800.2017

ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ
Правила проектирования тепловой защиты

Издание официальное

РОССТАНДАРТ
ФГУП
«СТАНДАРТИНФОРМ»
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ФОНД СТАНДАРТОВ

Москва 2017

Дата введения 19 апреля 2018 г.

В НАБОР

Предисловие

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛЬ – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

4 УТВЕРЖДЕН Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 ноября 2017 г. № 1539/пр и введен в действие с 15 мая 2018 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети Интернет

© Минстрой России, 2017

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России

Содержание

1 Область применения ……
2 Нормативные ссылки ……
3 Термины и их определения ……
4 Общие положения ……
5 Тепловая защита зданий ……
5.1 Требования к тепловой защите зданий ……
5.2 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ……
5.3 Упрощенный расчет приведенного сопротивления теплопередаче ……
5.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с замкнутыми воздушными прослойками ……
5.5 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками ……
5.6 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче полов ……
5.7 Методика выбора теплозащитных элементов для достижения целевого сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания ….
5.8 Расчет удельной теплозащитной характеристики здания ……
5.9 Методика выбора ограждающих конструкций для достижения целевой удельной теплозащитной характеристики здания ……
5.10 Методика оптимизации теплозащитной оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий ……
6 Теплоустойчивость ограждающих конструкций ……
6.1 Требования к теплоустойчивости ограждающих конструкций ……
6.2 Расчет теплоустойчивости ограждающей конструкции ……
7 Воздухопроницаемость ограждающих конструкций ……
7.1 Требования к воздухопроницаемости ограждающих конструкций ……
7.2 Расчет сопротивления воздухопроницаемости ограждающих конструкций ……
7.3 Методика расчета теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций с учетом их воздухопроницаемости ……
8 Защита от переувлажнения ограждающих конструкций ……
8.1 Требования к сопротивлению паропроницанию слоев конструкции ……
8.2 Нахождение плоскости максимального увлажнения ……
8.3 Упрощенный метод нахождения плоскости максимального увлажнения ...
8.4 Расчет влажностного режима и сопутствующих характеристик стен с НФС ……
8.5 Требования к наружному штукатурному слою стен с фасадами с тонким штукатурным слоем ……
8.6 Определение влажности внутреннего воздуха помещения с учетом наличия солей ……
9 Теплоусвоение поверхности полов ……
9.1 Требования к теплоусвоению поверхности полов ……
9.2 Расчет теплоусвоения поверхности полов ……

10 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий .....
10.1 Требования к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий .....
10.2 Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий .....
10.3 Методика расчета удельной характеристики теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации .....
10.4 Правила определения отапливаемых площадей и объемов зданий .....
10.5 Форма энергетического паспорта проекта здания .....
11 Теплофизические расчеты отдельных элементов зданий .....
11.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций теплых чердаков ..
11.2 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций технических подполий .....
11.3 Расчет сопротивлений теплопередаче участков стен и окон, расположенных за остекленными лоджиями и балконами .....
11.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций .....
Приложение А Коэффициенты излучения различных материалов .....
Приложение Б Коэффициенты общего пропускания солнечной энергии для стеклопакетов .....
Приложение В Коэффициенты $K_{ГВ}{}_{ji}$ пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную .....
Приложение Г Методика расчета срока окупаемости мероприятий по утеплению ограждающей конструкции .....

Введение

Настоящий свод правил разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и в развитие СП 50.13330.2012.

Настоящий свод правил разработан авторским коллективом Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (д-р техн. наук *В.Г. Гагарин*, канд. техн. наук *В.В. Козлов*, канд. техн. наук *Е.В. Коркина*, канд. техн. наук *П.П. Пастушков*, канд. техн. наук *Н.П. Умнякова*, канд. техн. наук *И.А. Шмаров*, инж. *А.Ю. Неклюдов*, инж. *К.С. Андрейцева*) при участии АО ЦНИИЭПжилища (канд. техн. наук *В.С. Беляев*), НИУ МГСУ (канд. техн. наук *К.И. Лушин*).

СВОД ПРАВИЛ

ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ

Residential and public buildings. Thermal performance design

Дата введения – 2018–05–15

1 Область применения

Настоящий свод правил распространяется на проектируемые, реконструируемые жилые и общественные здания и устанавливает правила проектирования тепловой защиты.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 7076–99 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме

ГОСТ 24816–2014 Материалы строительные. Метод определения сорбционной влажности

ГОСТ 24866–2014. Межгосударственный стандарт. Стеклопакеты клееные. Технические условия.

ГОСТ 25609–2015 Материалы полимерные рулонные и плиточные для полов. Метод определения показателя теплоусвоения

ГОСТ 25898–2012 Материалы и изделия строительные. Методы определения паропроницаемости и сопротивления паропроницанию

ГОСТ 26602.4–2012 Блоки оконные и дверные. Метод определения общего коэффициента пропускания света

ГОСТ 30494–2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ 31167–2009 Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натурных условиях

ГОСТ Р 56504–2015 Материалы строительные. Методы определения коэффициентов влагопроводности

ГОСТ Р 56505–2015 Материалы строительные. Методы определения показателей капиллярного всасывания воды

ГОСТ Р 56733–2015 Здания и сооружения. Метод определения удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающей конструкции

ГОСТ Р 56734–2015 Здания и сооружения. Расчет показателя теплозащиты ограждающих конструкций с отражательной теплоизоляцией

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»

Издание официальное

СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»

СП 54.13330.2016 «СНиП 31-01-2003 Здания жилые многоквартирные»

СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения» (с изменениями № 1, № 2)

СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» (с изменениями № 1, № 2)

СП 230.1325800.2015 Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей

Примечание – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа в области стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены термины, приведенные в разделе 3 СП 50.13330.2012.

4 Общие положения

4.1 При проектировании тепловой защиты жилых и общественных зданий (далее – зданий) следует руководствоваться нормативными требованиями, установленными СП 50.13330, указаниями настоящего свода правил и других нормативных документов, утвержденных и согласованных в установленном порядке.

При наличии нескольких вариантов проектных решений тепловой защиты зданий следует выбрать тот вариант, который позволяет обеспечить нормативные требования с наименьшими энергетическими и материальными затратами.

4.2 Здание должно удовлетворять требованиям:

- к тепловой защите;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций;
- защите от переувлажнения ограждающих конструкций;
- теплоустойчивости ограждающих конструкций;
- теплоусвоению поверхности полов;
- расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещений;
- отдельным элементам зданий.

5 Тепловая защита зданий

5.1 Требования к тепловой защите зданий

Требования к тепловой защите зданий устанавливаются в следующем порядке:

- принимаются средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность отопительного периода, сут/год, по СП 131.13330;
- принимается расчетная температура внутреннего воздуха здания по ГОСТ 30494;
- рассчитываются градусо-сутки отопительного периода по формуле (5.2) СП 50.13330.2012;

- находятся базовые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания $R_o^{тр}$, (м^2·°С)/Вт, по таблице 3 СП 50.13330.2012;

- находятся нормируемые значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций здания $R_o^{норм}$, (м^2·°С)/Вт, по пункту 5.2 СП 50.13330.2012 назначаются коэффициенты $m_р$ и с помощью формулы (5.1) СП 50.13330.2012;

- проводится проверка приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций здания $R_o^{пр}$, (м^2·°С)/Вт;

- проводится проверка удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$, Вт/(м^3·°С), по пункту 5.5 СП 50.13330.2012;

- проводится проверка требований к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по разделу 10 СП 50.13330.2012.

При реализации данных требований к тепловой защите зданий рекомендуется также учитывать положения СП 54.13330 и СП 118.13330.

5.2 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции без вентилируемых воздушных прослоек производится в соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012.

Теплопроводность материалов принимается в соответствии с приложением Т СП 50.13330.2012 или ГОСТ 7076.

5.3 Упрощенный расчет приведенного сопротивления теплопередаче

Упрощенный расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции без вентилируемых воздушных прослоек $R_o^{пр}$, (м^2·°С)/Вт, производится по формуле (Е.1) СП 50.13330.2012. В эту формулу подставляются геометрические характеристики a_i, l_j, n_k, определяемые в соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012. Удельные потери теплоты через плоские элементы U_i, Вт/(м^2·°С), определяются также в соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012. Удельные потери теплоты через линейные Ψ_j, Вт/(м·°С), и точечные χ_k, Вт/°С, неоднородности принимаются приближенно по таблицам СП 230.1325800.2015 или рассчитываются по ГОСТ Р 56733.

5.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с замкнутыми воздушными прослойками

При использовании в ограждающих конструкциях замкнутых воздушных прослоек их необходимо учитывать при расчете сопротивления теплопередаче. Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки рассчитывается по методике, приведенной в ГОСТ Р 56734. Значения термических сопротивлений замкнутых воздушных прослоек для ряда их толщин приведены в таблице Е.1 СП 50.13330.2012.

Для повышения теплозащитных свойств наружных ограждений используют отражательную теплоизоляцию (алюминиевую фольгу, офольгированные материалы, материалы с низким коэффициентом излучения).

Отражательную теплоизоляцию устанавливают в наружной ограждающей конструкции с устройством воздушной прослойки. Толщина воздушной прослойки должна быть не менее 20–50 мм, но не более 100 мм, высота – не более высоты этажа. Блестящая поверхность офольгированных материалов или поверхность с низким коэффициентом излучения должна быть обращена в сторону воздушной прослойки. При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза. При этом термическое сопротивление не должно превышать:

- 0,40 $м^2 \cdot °С/Вт$ – для воздушной прослойки толщиной 0,02 м;
- 0,45 $м^2 \cdot °С/Вт$ – для воздушной прослойки толщиной 0,03 м;
- 0,50 $м^2 \cdot °С/Вт$ – для воздушной прослойки толщиной 0,05 м.

Отражательную теплоизоляцию из офольгированных материалов с малым сопротивлением паропроницанию допускается использовать в качестве пароизоляции. В этом случае отражательную теплоизоляцию следует устанавливать в слоях конструкции, расположенных между утеплителем и внутренним воздухом. При этом воздушную прослойку следует рассматривать как дополнительный утеплитель.

Расчет температур на поверхностях и термического сопротивления вертикальной замкнутой воздушной прослойки с отражательной теплоизоляцией или с материалом с низким коэффициентом излучения следует проводить в соответствии с ГОСТ Р 56734.

При расчете термического сопротивления замкнутых воздушных прослоек коэффициент излучения материалов на поверхностях воздушных прослоек следует принимать в соответствии с приложением А настоящего свода правил. Термическое сопротивление замкнутых вертикальных воздушных прослоек с отражательной теплоизоляцией из алюминиевой фольги принимается в соответствии с приложением Т СП 50.13330.2012.

5.5 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками

Характерной особенностью навесных фасадных систем (НФС) с вентилируемой воздушной прослойкой является наличие двух типов неоднородностей, зависящих от конструкции фасадной системы и не зависящих. Конструкции НФС и стен в целом проектируются (и монтируются) на разных этапах. Поэтому расчет приведенного сопротивления теплопередаче стен с НФС проводится в два этапа. На промежуточном этапе определяется приведенное сопротивление теплопередаче глухой (без проемов) стены с НФС. На

конечном этапе определяется приведенное сопротивление теплопередаче стены в целом.

Приведенное сопротивление теплопередаче глухой (без проемов) стены с НФС $R_{ф}^{пр}$, (м^2·°С)/Вт, определяется по условному сопротивлению теплопередаче стены и удельным потерям теплоты через элементы крепежной системы НФС, при этом никакие неоднородности, кроме создаваемых подконструкцией системы и крепежом утеплителя, не учитываются. Это сопротивление используется в дальнейшем для расчета воздухообмена в воздушной прослойке НФС[1] в формулах (8.4)–(8.7).

$$R_{ф}^{пр} = \frac{1}{\frac{1}{R_{о}^{усл}} + l_{н}\Psi_{н} + n_{кр}\chi_{кр} + n_{а}\chi_{а}}, \quad (5.1)$$

где $R_{о}^{усл}$ – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт;

$\Psi_{н}$ – удельные потери теплоты через направляющие проникающие в утеплитель (в случае их наличия), Вт/(м·°С);

$l_{н}$ – протяженность направляющих, проникающих в утеплитель, м/м^2;

$\chi_{кр}$ – удельные потери теплоты через кронштейны, Вт/°С;

$n_{кр}$ – среднее количество кронштейнов, приходящееся на 1 м^2 стены, 1/м^2;

$\chi_{а}$ – удельные потери теплоты через тарельчатые анкеры с металлическим распорным элементом, Вт/°С, (принимаются по СП 230.1325800 или результатам расчета температурного поля). Влияние тарельчатых анкеров с неметаллическим распорным элементом может не учитываться;

$n_{а}$ – среднее количество тарельчатых анкеров с металлическим распорным элементом, приходящееся на 1 м^2 стены, 1/м^2.

При расчете условного сопротивления теплопередаче стены с НФС следует учитывать, что в воздушной прослойке $\alpha_{н}$ = 12 Вт/(м^2·°С). После расчета воздухообмена в воздушной прослойке можно заменить $\alpha_{н}$ на $\alpha_{пр}$ (см. формулу (8.8)).

Приведенное сопротивление теплопередаче стены в целом $R_{о}^{пр}$, (м^2·°С)/Вт, рассчитывается по формуле

$$R_{о}^{пр} = \frac{1}{\frac{1}{R_{ф}^{пр} + R_{н}} + \sum l_{j}\Psi_{j} + \sum n_{k}\chi_{k}}, \quad (5.2)$$

где $R_{н}$ – термическое сопротивление стены от воздушной прослойки до наружного воздуха, (м^2·°С)/Вт; определяется по формуле (8.8) настоящего свода правил.

[1] Приведенное сопротивление теплопередаче глухой стены с НФС выполняет вспомогательные функции и не может использоваться для проверки нормативных требований к стене в целом.

В формуле (5.2) при суммировании удельных потерь теплоты не учитывается влияние теплотехнических неоднородностей, создаваемых подконструкцией системы и крепежом утеплителя, учтенных для $R_{ф}^{пр}$ в формуле (5.1).

5.6. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче полов

Приведенное сопротивление теплопередаче полов $R_{о,пол}$, (м^2·°С)/Вт, определяется в соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012 и СП 230.1325800.

5.7 Методика выбора теплозащитных элементов для достижения целевого сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания

В разделе 7.2 СП 230.1325800.2015 приводится алгоритм действий для случая, когда имеется некое целевое сопротивление теплопередаче и требуется спроектировать ограждающую конструкцию с близким приведенным сопротивлением теплопередаче.

Здесь приводится алгоритм, содержащий оценочный расчет, позволяющий добиться максимальной точности подбора элементов конструкции для достижения целевого сопротивления теплопередаче.

Первичный подбор элементов проектируемой ограждающей конструкции, для достижения целевого сопротивления теплопередаче, соответствует алгоритму раздела 7.2 СП 230.1325800.2015, но без итераций:

1. Определяется целевое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции здания. Оно должно быть не ниже требуемого СП 50.13330.

2. Выбирается вид ограждающей конструкции.

3. Выбирается типовая разбивка на элементы, которая корректируется с учетом особенностей ограждающей конструкции (для стен типовую разбивку следует принимать по приложению А СП 230.1325800.2015).

4. Для каждого элемента находится удельный геометрический показатель.

5. В случае отсутствия данных по удельным потерям теплоты какого-либо элемента, они устанавливаются путем расчета температурного поля. Для выполнения оценочного расчета допускается использование данных справочных материалов.

6. Для плоских элементов выбирается толщина утеплителя. Для этого целевое сопротивление теплопередаче конструкции умножается на 1,5 и подбирают конструкцию со значением $R_{01}^{усл} = 1{,}5R_{ц}$.

Примечание – При повторном расчете для конструкций с коэффициентом тепломеханической однородности 0,75 и выше значение коэффициента 1,5 заменяется на 1,3. Для конструкций с коэффициентом тепломеханической однородности 0,6 и ниже значение коэффициента 1,5 заменяется на 1,8.

7. Для выбранной толщины утеплителя определяются удельные потери теплоты всех элементов ограждающей конструкции.

8. По таблице Е.2 и формуле (Е.1) приложения Е СП 50.13330.2012 проводится расчет приведенного сопротивления теплопередаче $R_{o1}^{пр}$.

9. Приведенное сопротивление теплопередаче сравнивается с целевым сопротивлением теплопередаче.

По результатам расчета проводится оценка достижения целевого сопротивления теплопередаче.

Примечание – Как правило, целевое сопротивление теплопередаче может считаться достигнутым, если полученное расчетом приведенное сопротивление теплопередаче отличается от целевого сопротивления теплопередаче в большую сторону, не более чем:

на 10 % – для $R_o^{усл} < 3,5$ (м²·°С)/Вт;

7 % – для $3,5 \le R_o^{усл} < 5$ (м²·°С)/Вт;

5 % – для $5 \le R_o^{усл}$ (м²·°С)/Вт.

Если целевое сопротивление теплопередаче не достигнуто, проводится корректировка.

10. Находится разность полученного приведенного коэффициента теплопередачи и целевого коэффициента теплопередачи.

$$\Delta K = \frac{1}{R_{o1}^{пр}} - \frac{1}{R_{ц}}. \quad (5.3)$$

11. Выбирается элемент, за счет которого будет дорабатываться конструкция. Для выбранного элемента по формулам (5.4)–(5.6) рассчитываются удельные потери теплоты, при которых конструкция обеспечивает целевое сопротивление теплопередаче:

$$U_i^2 = U_i^1 - \frac{\Delta K}{a_i}; \quad (5.4)$$

$$\Psi_j^2 = \Psi_j^1 - \frac{\Delta K}{l_j}; \quad (5.5)$$

$$\chi_k^2 = \chi_k^1 - \frac{\Delta K}{n_k}. \quad (5.6)$$

12. Подбирается конструкция выбранного элемента, с удельными потерями теплоты (не превышающими полученное на шаге 11 значение).

13. Для плоского элемента рассчитывается необходимая толщина утеплителя $d_{ут}$ по формуле

$$d_{ут} = \lambda_{ут} \cdot \left(\frac{1}{U_i^2} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_н} - \sum_s R_s \right), \quad (5.7)$$

где $\sum_s R_s$ – сумма термических сопротивлений всех слоев конструкции кроме утеплителя.

Если толщина утеплителя была скорректирована более чем на 20 %, следует пересмотреть удельные потери теплоты всех теплотехнических неоднородностей.

14. Проводится окончательный расчет приведенного сопротивления теплопередаче. Для этого заполняется таблица Е.2 и применяется формула (Е.1) приложения Е СП 50.13330.2012.

В случае, если в процессе иных расчетов возникла необходимость в изменении конструкции с целью достижения ею некоего сопротивления теплопередаче, можно использовать ранее проведенные расчеты по СП 50.13330, в частности таблицу, аналогичную таблице Е.2 и начать выполнение выше изложенного алгоритма с шага 10.

Корректировку ограждающей конструкции описанным методом можно проводить как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения приведенного сопротивления теплопередаче.

5.8 Расчет удельной теплозащитной характеристики здания

Удельная теплозащитная характеристика здания рассчитывается в соответствии с приложением Ж СП 50.13330.2012.

5.9 Методика выбора ограждающих конструкций для достижения целевой удельной теплозащитной характеристики здания

В пункте 5.5 СП 50.13330.2012 даны нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания, а в приложении Ж СП 50.13330.2012 приведена методика расчета его удельной теплозащитной характеристики. В большинстве практических случаев требуется не просто расчет удельной теплозащитной характеристики, а подбор ограждающих конструкций для достижения целевой величины. Не имеет значения, определяется эта целевая величина непосредственно пунктом 5.5 СП 50.13330.2012 или следует из требований к удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий.

Подбор ограждающих конструкций производится аналогично описанному в 5.7 выбору теплозащитных элементов с учетом специфики достигаемой величины.

На начальном этапе ограждающие конструкции выбираются так, чтобы их приведенные сопротивления теплопередаче удовлетворяли требованиям СП 50.13330. Далее выполняется расчет в соответствии с алгоритмом:

1. Определяется целевая удельная теплозащитная характеристика здания. Она должна быть не ниже требуемой по СП 50.13330.

2. Для каждой ограждающей конструкции находится ее площадь и приведенное сопротивление теплопередаче.

3. Проводится расчет удельной теплозащитной характеристики здания в соответствии с приложением Ж СП 50.13330.2012.

4. По результатам расчета проводится оценка достижения целевой удельной теплозащитной характеристики здания.

Если целевая удельная теплозащитная характеристика здания не достигнута, проводится корректировка.

5. Находится разность полученной и целевой удельной теплозащитной характеристики здания по формуле

$$\Delta k = k_{\text{об},0} - k_{\text{ц}}. \quad (5.8)$$

6. Выбирается ограждающая конструкция, за счет которой будет дорабатываться оболочка здания. Для выбранной ограждающей конструкции рассчитывается приращение коэффициента теплопередаче ΔK_i, которое требуется для обеспечения целевой удельной теплозащитной характеристики здания, по формуле

$$\Delta K_i = \frac{\Delta k V_{\text{от}}}{n_{t,i} A_{\text{ф},i}}, \quad (5.9)$$

где $V_{\text{от}}$ – отапливаемый объем здания, м^3;

$A_{\text{ф},i}$ – площадь выбранной ограждающей конструкции, м^2;

$n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП, определяется по формуле (5.3) СП 50.13330.2012.

7. Проводится корректировка выбранной ограждающей конструкции по алгоритму, описанному в пункте 5.7, начиная с шага 11.

8. Проводится окончательный расчет удельной теплозащитной характеристики здания. Для этого заполняют таблицу Ж.1 приложения Ж СП 50.13330.2012.

В случае корректировки оболочки здания за счет нескольких ограждающих конструкций, для использования описанного алгоритма необходимо предварительно решить, в какой пропорции делятся изменения между выбранными ограждающими конструкциями.

5.10 Методика оптимизации теплозащитной оболочки здания по окупаемости энергосберегающих мероприятий

Экономическая оптимизация оболочки здания основана на сравнении альтернативных вариантов конструкций.

Методика содержит три уровня оптимизации:

1) выбор оптимальных теплозащитных характеристик отдельных элементов конструкции из условия окупаемости энергосбережения;

2) сравнение по эффективности энергосбережения конструкций с различной базовой комплектацией;

3) гармонизация отдельных конструкций и оболочки здания в целом.

5.10.1 Выбор оптимальных теплозащитных характеристик отдельных элементов

Данная методика заключается в поиске минимума приведенных затрат. Минимум ищется не дифференцированием, так как функция разрывная, а путем специально организованного перебора вариантов конструкции. В методике учтена зависимость потерь теплоты через ограждающую конструкцию от многих переменных (характеристик элементов, введенных в приложении Е СП 50.13330.2012).

В соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012 в качестве теплозащитных характеристик элементов используются условное сопротивление теплопередаче (для плоских элементов) и удельные потери теплоты через неоднородности (для линейных и точечных элементов).

По экономическим и климатическим параметрам района строительства находится *удельная прибыль от экономии энергетической единицы*[1] $\Omega_{пр}$, соответствующая проекту здания, по формуле

$$\Omega_{пр} = C_{тепл} \cdot m_{кл} \cdot Z_{ок} + C_{от} \cdot m_{кл}, \quad (5.10)$$

где $C_{тепл}$ – тарифная цена тепловой энергии в районе строительства проектируемого здания, руб./(кВт·ч);

$C_{от}$ – удельная цена отопительного оборудования и подключения к тепловой сети в районе строительства проектируемого здания, руб./(кВт·ч/год);

$m_{кл}$ – климатический коэффициент района строительства, определяемый по формуле

$$m_{кл} = \frac{ГСОП}{ГСОП(Э)}, \quad (5.11)$$

где ГСОП – значение градусо-суток отопительного периода для района строительства, °С·сут/год, определяемое по формуле (5.2) СП 50.13330.2012;

ГСОП(Э) – эталонное значение градусо-суток отопительного периода, °С·сут/год, принимаемое равным 1000 °С·сут/год;

$Z_{ок}$ – срок окупаемости, определяемый как половина срока службы элемента до замены или ремонта, но не более 12 лет.

Требуемый класс теплозащитной эффективности элементов конструкции в зависимости по удельной прибыли от экономии энергетической единицы приведен в таблице 5.1.

б л и ц а 5.1 – **Классы теплозащитной эффективности элементов конструкции**

ласс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ицы Ω, Вт·ч/год)	До 2 включ.	От 2 до 4 включ.	От 4 до 8 включ.	От 8 до 14 включ.	От 14 до 24 включ.	От 24 до 40 включ.	От 40 до 65 включ.	От 65 до 100 включ.	От 100 до 160 включ.	От 160 до 250 включ.	От 250 до 380 включ.	От 380 до 570 включ.	От 570 до 850 включ.	От 850

[1] В качестве энергетической единицы принят 1 кВт·ч/год сэкономленной энергии при значении ГСОП = 1000 °С·сут/год.

Класс теплозащитной эффективности элемента конструкции определяется по *удельным единовременным затратам на экономию энергетической единицы*, $\Omega_{эл}$, руб./(кВт·ч /год), по таблице 5.1.

Удельные единовременные затраты на экономию энергетической единицы элементом конструкции рассчитываются по формулам:

для плоского элемента

$$\Omega_{эл} = -\frac{\Delta К^{ед}}{24 \cdot \left[\left(\frac{1}{R_{о,2}^{усл}}\right) - \left(\frac{1}{R_{о,1}^{усл}}\right)\right]}; \quad (5.12)$$

для линейного элемента

$$\Omega_{эл} = -\frac{\Delta К^{ед}}{24 \cdot \left[\Psi_2 - \Psi_1\right]}; \quad (5.13)$$

для точечного элемента

$$\Omega_{эл} = -\frac{\Delta К^{ед}}{24 \cdot \left[\chi_2 - \chi_1\right]}, \quad (5.14)$$

где $\Delta К^{ед}$ – разница единовременных затрат вариантов 2 и 1 исследуемого элемента, руб. Для плоского элемента единовременные затраты вычисляются на квадратный метр, для линейного элемента – на погонный метр, для точечного элемента – на 1 шт.

Для использования формул (5.12)–(5.14) должен быть составлен ряд из экономически обоснованных вариантов исследуемого элемента, упорядоченный по его теплозащитной характеристике. В формулах варианты 1 и 2 – соседние варианты ряда (т. е. ближайшие по теплозащитной характеристике, экономически обоснованные варианты элемента). Причем вариант 2 дороже варианта 1 и обладает меньшими теплопотерями. Полученное по формулам (5.12)–(5.14) значение $\Omega_{эл}$ соответствует варианту 2 элемента.

Конструкция должна формироваться таким образом, чтобы классы теплозащитной эффективности всех ее элементов были равны требуемому классу теплозащитной эффективности здания. В случае отсутствия варианта элемента с необходимым классом теплозащитной эффективности следует использовать вариант элемента с ближайшим классом теплозащитной эффективности.

5.10.2 Сравнение по эффективности энергосбережения конструкций с различной базовой комплектацией

Для вариантов конструкции, отличающихся по составу элементов или по базовой (не теплозащитной) части конструкции, более выгодным является вариант с меньшими удельными приведенными затратами.

Удельные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию конструкции, П, руб./(м^2·год), определяются по формуле

$$П = \frac{К_{кон}^{ед}}{Z_{ок}} + 0{,}024\frac{ГСОП}{R_{о}^{пр}}\left(С_{тепл} + \frac{С_{от}}{Z_{ок}}\right), \quad (5.15)$$

где $К^{ед}_{кон}$ – полные единовременные затраты на производство 1 м^2 конструкции, руб./м^2, которые рассчитываются по формуле

$$К^{ед}_{кон} = К^{ед}_0 + \sum a_i К^{ед}_i + \sum l_j К^{ед}_j + \sum n_k К^{ед}_k , \quad (5.16)$$

где a_i – площадь плоского элемента конструкции i-го вида, приходящаяся на 1 м^2 конструкции, м^2/м^2;

l_j – протяженность линейной неоднородности j-го вида, приходящаяся на 1 м^2 конструкции, м/м^2;

n_k – количество точечных неоднородностей k-го вида, приходящихся на 1 м^2 конструкции, шт./м^2;

$К^{ед}_0$ – базовая стоимость 1 м^2 конструкции (наиболее холодный вариант всех элементов конструкции), руб./м^2.

5.10.3 Гармонизация отдельных конструкций и оболочки здания в целом

При равных теплозащитных свойствах, чем ближе значения удельных единовременных затрат на экономию энергетической единицы отдельных элементов конструкции друг к другу, тем эффективней конструкция.

Гармонично утепленная – ограждающая конструкция, все элементы которой относятся к одному классу теплозащитной эффективности. Этот же класс энергетической эффективности является характеристикой и всей конструкции.

Гармонично утепленная – оболочка здания, состоящая из гармонично утепленных ограждающих конструкций одного класса. Этот же класс теплозащитной эффективности является характеристикой и всей оболочки здания.

Модельный ряд строительных конструкций следует по возможности составлять из гармонично утепленных конструкций. Такие конструкции должны сопровождаться пометкой, указывающей на их гармоничность и класс теплозащитной эффективности. При выборе проектных решений предпочтение должно отдаваться гармонично утепленным конструкциям и оболочкам здания, как наиболее экономически эффективным.

6 Теплоустойчивость ограждающих конструкций

6.1 Требования к теплоустойчивости ограждающих конструкций

Требования к теплоустойчивости ограждающих конструкций устанавливаются в разделе 6.1 СП 50.13330.2012.

В районах со среднемесячной температурой июля 21 °С и выше расчетная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности

ограждающих конструкций (наружных стен и перекрытий / покрытий) A_τ, °С, зданий жилых, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых необходимо соблюдать оптимальные параметры температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне в теплый период года или по условиям технологии поддерживать постоянными температуру или температуру и относительную влажность воздуха, не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_\tau^{тр}$, °С, определяемой по формуле

$$A_\tau^{тр} = 2{,}5 - 0{,}1(t_н - 21), \quad (6.1)$$

где $t_н$ – средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаемая по СП 131.13330.

Проверка теплоустойчивости ограждающих конструкций оценивает возможность перегрева помещений в летний период года и предназначена для наиболее теплых регионов.

6.2 Расчет теплоустойчивости ограждающей конструкции

Расчет теплоустойчивости ограждающей конструкции проводится в соответствии с разделами 6.2–6.8 СП 50.13330.2012. При расчете могут использоваться данные приложения И СП 50.13330.2012.

Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций $A_{\tau_в}$, °С, следует определять по формуле

$$A_{\tau_в} = \frac{A_{t_н}^{расч}}{\nu}, \quad (6.2)$$

где $A_{t_н}^{расч}$ – расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С, определяемая согласно пункту 6.3 СП 50.13330.2012;

ν – величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_н}^{расч}$ в ограждающей конструкции, определяемая согласно пункту 6.4 СП 50.13330.2012.

7 Воздухопроницаемость ограждающих конструкций

7.1 Требования к воздухопроницаемости ограждающих конструкций

Требования к воздухопроницаемости ограждающих конструкций устанавливаются в разделе 7.3 СП 50.13330.2012.

7.2 Расчет сопротивления воздухопроницаемости ограждающих конструкций

Расчет сопротивления воздухопроницаемости ограждающих конструкций проводится в соответствии с пунктами 7.2, 7.4 СП 50.13330.2012. При расчетах могут использоваться данные приложения С СП 50.13330.2012.

В натурных условиях воздухопроницаемость ограждающих конструкций определяется по ГОСТ 31167.

7.3. Методика расчета теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций с учетом их воздухопроницаемости

В зданиях, находящихся в условиях эксплуатации при отрицательных температурах наружного воздуха, может происходить фильтрация воздуха через наружные ограждающие конструкции.

При фильтрации холодного воздуха снаружи в помещение (инфильтрации) происходит понижение температуры ограждающих конструкций. При фильтрации воздуха из помещения наружу (эксфильтрации) происходит повышение температуры ограждающих конструкций.

При фильтрации воздуха температурное поле и теплообмен на поверхностях пористого ограждения заметно изменяются в результате переноса теплоты потоком воздуха. Расход воздуха, проникающего через ограждения, достаточно маленький. Воздух двигается по порам и капиллярам медленно (число Рейнольдса соответствует приблизительно 0,05), и его температура во всех сечениях ограждения близка температуре окружающего твердого материала.

Значение температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции при фильтрации воздуха может быть рассчитано по формуле

$$\tau_{в}^{u} = t_{н} + (t_{в} - t_{н})\frac{\left(e^{0,279G(R_{о}-R_{в})} - 1\right)}{e^{0,279GR_{о}} - 1}, \qquad (7.1)$$

где $t_{в}$ – температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{н}$ – температура наружного воздуха, °С;

G – расход воздуха, кг/(м^2·ч); для инфильтрации принимается с положительным знаком, для эксфильтрации – с отрицательным;

$R_{о}$ – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м^2·°С)/Вт;

$R_{в}$ – сопротивление теплоотдаче внутренней поверхности ограждающей конструкции, (м^2·°С)/Вт.

В формуле (7.1) предполагается, что удельная теплоемкость воздуха, равна 1 кДж/(кг·°С).

Значение теплового потока, входящего через внутреннюю поверхность конструкции (только за счет теплообмена), рассчитывается по формуле

$$q_{в}^{n} = \frac{0,279G(t_{в} - t_{н})}{e^{0,279GR_{о}} - 1} e^{0,279GR_{о}}. \qquad (7.2)$$

Значение теплового потока, выходящего через наружную поверхность конструкции (только за счет теплообмена), рассчитывается по формуле

$$q_{н}^{n} = \frac{0,279G(t_{в} - t_{н})}{e^{0,279GR_{о}} - 1}. \qquad (7.3)$$

8 Защита от переувлажнения ограждающих конструкций

8.1 Требования к сопротивлению паропроницанию слоев конструкции

Защита от переувлажнения ограждающих конструкций обеспечивается соблюдением требований к сопротивлению паропроницанию слоев конструкции, расположенных между внутренним воздухом и плоскостью максимального увлажнения. При расчетах значений сопротивления паропроницанию слоев конструкции могут использоваться данные приложения М СП 50.13330.2012.

Требования к защите от переувлажнения ограждающих конструкций установлены в разделе 8 СП 50.13330.2012.

8.2 Нахождение плоскости максимального увлажнения

Плоскость максимального увлажнения следует определять по пункту 8.5 СП 50.13330.2012 и таблице 8.1.

Таблица 8.1 – **Зависимость комплекса $f(t_{м.у})$ от температуры в плоскости максимального увлажнения $t_{м.у}$, °С**

$t_{м.у}$, °С	$f(t_{м.у})$, $К^2/Па$	$t_{м.у}$, °С	$f(t_{м.у})$, $К^2/Па$	$t_{м.у}$, °С	$f(t_{м.у})$, $К^2/Па$	$t_{м.у}$, °С	$f(t_{м.у})$, $К^2/Па$
–40	2539	–23	616,9	–6	181,1	11	62,0
–39	2322	–22	571,2	–5	169,3	12	58,5
–38	2126	–21	529,2	–4	158,4	13	55,2
–37	1947	–20	490,7	–3	148,3	14	52,1
–36	1785	–19	455,2	–2	138,9	15	49,1
–35	1638	–18	422,5	–1	130,2	16	46,4
–34	1504	–17	392,5	0	122,1	17	43,9
–33	1382	–16	364,8	1	114,5	18	41,5
–32	1271	–15	339,2	2	107,5	19	39,2
–31	1170	–14	315,6	3	100,9	20	37,1
–30	1077	–13	293,9	4	94,8	21	35,1
–29	992,7	–12	273,8	5	89,1	22	33,2
–28	915,5	–11	255,2	6	83,8	23	31,5
–27	844,8	–10	238,0	7	78,8	24	29,8
–26	780,2	–9	222,1	8	74,2	25	28,3
–25	721,0	–8	207,4	9	69,9	26	26,8
–24	666,7	–7	193,7	10	65,8	27	25,4

8.3 Упрощенный метод нахождения плоскости максимального увлажнения

Допускается находить плоскость максимального увлажнения упрощенным методом, изложенным в настоящем разделе. В соответствии с разделом 8 СП 50.13330.2012 нахождение проводится для климатических параметров, средних за период с отрицательными среднемесячными температурами.

8.3.1 Классификация ограждающих конструкций по взаимному расположению слоев

Классификация ограждающих конструкций для расчета влажностного режима проводится по количеству и взаимному расположению слоев конструкции.

Все слои ограждающих конструкций делятся на два типа – проницаемые и плотные. Для такого деления вводится особый критерий, численно равный отношению паропроницаемости материала слоя к его теплопроводности.

Устанавливается следующая граница между проницаемыми и плотными слоями:

$\frac{\mu}{\lambda} \geq 1$ – слой проницаемый;

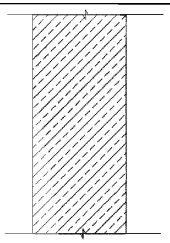
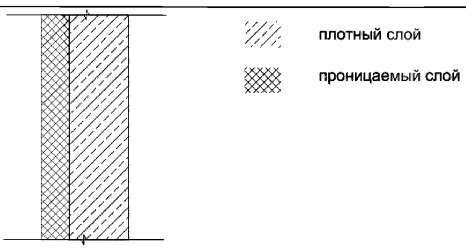
$\frac{\mu}{\lambda} < 1$ – слой плотный,

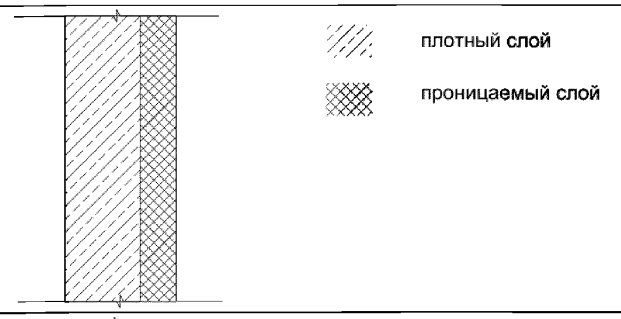
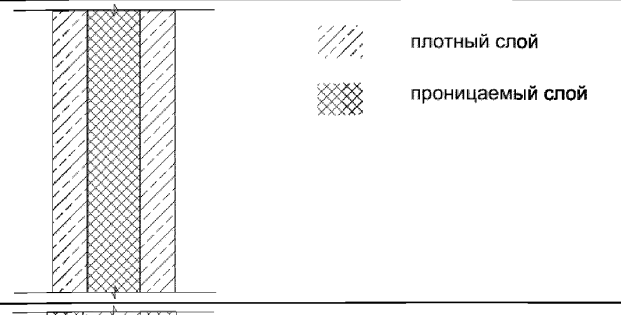
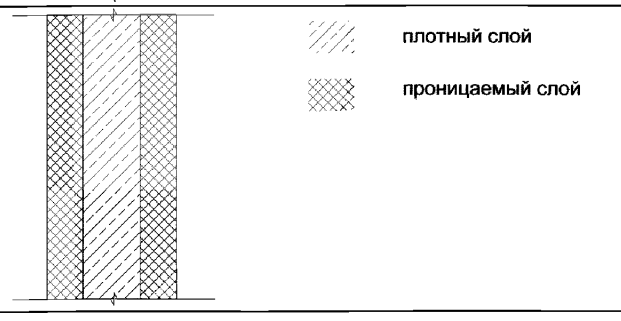
μ – паропроницаемость материала, мг/(м·ч·Па), определяемая по приложению Т СП 50.13330.2012 или ГОСТ 25898.

Если несколько подряд расположенных слоев оказываются одинаковыми по данной классификации, то для определения, к какому классу принадлежит данная конструкция, их объединяют в один обобщенный проницаемый или плотный слой.

Ограждающие конструкции по количеству и взаимному расположению обобщенных слоев делятся на пять классов. Описание классов приведено в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – **Классификация ограждающих конструкций**

Класс	Схема
Однослойная	
Двухслойная с плотным слоем со стороны помещения (наружное утепление)	

Двухслойная с проницаемым слоем со стороны помещения (внутреннее утепление)	
Трехслойная с проницаемым слоем в середине	
Трехслойная с плотным слоем в середине	

Если различие между всеми слоями конструкции не превышает 30 % по критерию $\frac{\mu}{\lambda}$, то ее согласно данной классификации признают однослойной.

8.3.2 Нахождение слоя, содержащего плоскость максимального увлажнения

Определение места расположения плоскости максимального увлажнения в зависимости от класса конструкции приведено в таблице 8.3.

Т а б л и ц а 8.3 – **Определение места расположения плоскости максимального увлажнения**

Класс конструкции	Расположение плоскости максимального увлажнения
1 Однослойная	В наружной половине слоя
2 Двухслойная с плотным слоем со стороны помещения (наружное утепление)	В наружной половине проницаемого слоя
3 Двухслойная с проницаемым слоем со стороны помещения (внутреннее утепление)	На стыке проницаемого и плотного слоев или во внутренней половине плотного слоя

4 Трехслойная с проницаемым слоем в середине	На стыке проницаемого и наружного плотного слоев Примечание – Для внутреннего плотного слоя из легких бетонов или поризованной керамики возможно смещение плоскости максимального увлажнения вглубь проницаемого слоя
5 Трехслойная с плотным слоем в середине	На наружной границе наружного проницаемого слоя Примечание – Для данной конструкции возможно возникновение второй плоскости максимального увлажнения, но ее следует игнорировать

Рассматриваемые методы защиты от переувлажнения ограждающих конструкций распространяются на рядовые конструкции, увлажняемые напором водяного пара из помещений в отапливаемый период.

В частях конструкций, подвергающихся постоянным воздействиям грунтовой, дождевой или технологической воды, а также с повышенным риском повреждения защитных оболочек (фундаменты, первые и цокольные этажи) рекомендуется применять теплоизоляционные материалы с минимальными показателями эксплуатационной влажности, паропроницаемости (ГОСТ 25898), влагопроводности (ГОСТ Р 56504) и капиллярного всасывания воды (ГОСТ Р 56505), невосприимчивые к воздействию жидкой влаги.

8.3.3 Для упрощения нахождения плоскости максимального увлажнения в выбранном слое приведена таблица 8.4, в которой даны значения температур в плоскости максимального увлажнения в зависимости от климатического и конструкционного факторов.

Таблица 8.4 – **Температура в плоскости максимального увлажнения конструкции в зависимости от климатического и конструкционного факторов**

Конструкционный фактор $\frac{R_{о,п}}{R_о^{усл}} \cdot \frac{\mu_i}{\lambda_i}$	Температура в плоскости максимального увлажнения конструкции при значениях климатического фактора $\frac{t_в - t_{н,отр}}{e_в - e_{н,отр}}$							
	0,012	0,018	0,024	0,03	0,036	0,044	0,06	0,08
0,4	–		–	–	–	–	–0,7	–5,1
0,55	–		–	–	–	–0,9	–5,6	–9,8
0,7	–		–	–	–1,5	–4,6	–9,1	–13,2
0,95	–		–	–3,4	–6,1	–9,0	–13,5	–17,4
1,2	–	–	–3,5	–6,8	–9,5	–12,4	–16,7	–20,5
1,6	–	–3,5	–7,8	–11,0	–13,6	–16,4	–20,6	–24,3
2,0	–0,7	–6,8	–11	–14,2	–16,7	–19,4	–23,5	–
2,7	–5,3	–11,2	–15,3	–18,3	–20,7	–23,3	–	–
3,5	–9,1	–14,9	–18,8	–21,7	–24,1	–	–	–
4,7	–13,3	–18,9	–22,7	–25,5	–	–	–	–
6,0	–16,7	–22,1	–25,8	–	–	–	–	–
7,8	–20,2	–25,5	–	–	–	–	–	–
10,0	–23,5	–	–	–	–	–	–	–

Примечание – В настоящей таблице применены следующие обозначения:

$R_{о,п}$ – общее сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции, м^2·ч·Па/мг, определяемое согласно 8.7 СП 50.13330.2012;

λ_i, μ_i – расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м^2·°С), и паропроницаемости, мг/(м·ч·Па), материала соответствующего слоя;

$t_{н,отр}$ – средняя температура наружного воздуха за период с отрицательными среднемесячными температурами, °С;

$e_{н,отр}$ – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за период с отрицательными среднемесячными температурами, Па;

$e_в$ – расчетное парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха помещений здания, Па;

$t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха помещений здания, °С, по ГОСТ 30494.

8.3.4 Алгоритм упрощенного нахождения плоскости максимального увлажнения в ограждающей конструкции

Плоскость максимального увлажнения находится упрощенным методом в следующей последовательности:

1. Для все слоев ограждающей конструкции рассчитывается критерий $\frac{\mu}{\lambda}$.

2. В соответствии с 8.3.1 проводится классификация конструкции.

3. По таблице 8.3 определяется слой, где расположена плоскость максимального увлажнения.

4. Рассчитываются климатический и конструкционный факторы, и по таблице 8.4 определяется температура в плоскости максимального увлажнения.

5. По формуле (8.1) определяется x координата плоскости максимального увлажнения, м, отсчитываемая от наружной границы слоя

$$x = \left(R_o^{усл} \frac{t_x - t_н}{t_в - t_н} - R_o^x \right) \cdot \lambda_x , \qquad (8.1)$$

где λ_x – расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м^2·°С), материала соответствующего слоя;

R_o^x – термическое сопротивление от наружного воздуха до наружной границы рассматриваемого слоя, (м^2·°С)/Вт, определяемое по формулам (Е.6), (Е.7) приложения Е СП 50.13330.2012.

Если формула (8.1) дает отрицательную координату, то это означает, что плоскость максимального увлажнения расположена на наружной границе слоя.

8.4 Расчет влажностного режима и сопутствующих характеристик стен с НФС

В навесных фасадных системах с вентилируемой прослойкой движение теплоты, воздуха и влаги в конструкции в значительной мере переплетаются, поэтому чаще всего их нельзя рассматривать в отдельности друг от друга. Важнейшим фактором для оценки удовлетворительности функционирования НФС оказывается подвижность воздуха в воздушной прослойке, которая рассчитывается по формулам (8.2)–(8.13). Приведенное сопротивление теплопередаче глухой стены с НФС рассчитывается по формуле (5.1) настоящего свода правил.

8.4.1 Расчет воздухообмена в воздушной прослойке

Расчет воздухообмена в воздушной прослойке проводится для средних климатических параметров наиболее холодного месяца.

Движение воздуха в вентилируемой прослойке осуществляется за счет гравитационного (теплового) и ветрового напоров. В случае расположения приточных и вытяжных отверстий на разных стенах скорость движения воздуха в прослойке $V_{пр}$, м/с, рассчитывается по формуле

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{K(K_н - K_з)V_н^2 + 0{,}08h(t_{пр} - t_н)}{\sum_i \xi_i}}, \quad (8.2)$$

где $K_н$, $K_з$ – аэродинамические коэффициенты на разных стенах здания, по СП 20.13330;

$V_н$ – скорость движения наружного воздуха, м/с;

K – коэффициент учета изменения скорости потока по высоте по СП 20.13330;

h – разности высот от входа воздуха в прослойку до его выхода из нее, м;

$t_{пр}$, $t_н$ – средняя температура воздуха в прослойке и температура наружного воздуха, °С;

$\sum_i \xi_i$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений, рассчитывается по формуле

$$\sum_i \xi_i = 1{,}2\left(\frac{S_{пр}}{S_{вх}}\right)^2 + 0{,}04\frac{h}{2\delta_{пр}} + 1{,}2\left(\frac{S_{пр}}{S_{вых}}\right)^2, \quad (8.3)$$

где $S_{вх}$, $S_{вых}$ – площади входного и выходного отверстий, приходящиеся на один погонный метр стены;

$S_{пр}$ – площадь сечения воздушной прослойки, приходящейся на один погонный метр стены;

$\delta_{пр}$ – толщина воздушной прослойки, м.

При расположении приточных и вытяжных отверстий воздушной прослойки на одной стороне здания принимается $K_н$=$K_з$ и формула (8.2) упрощается:

$$V_{пр} = \sqrt{\frac{0{,}08h(t_{пр} - t_н)}{\sum_i \xi_i}}. \quad (8.4)$$

В формулах (8.2) и (8.4) используется средняя температура воздуха в прослойке $t_{пр}$, которая в свою очередь зависит от скорости движения воздуха в прослойке:

$$t_{пр} = t_0 - (t_0 - t_н)\cdot\frac{x_0}{h}\cdot\left[1 - exp\left(-\frac{h}{x_0}\right)\right], \quad (8.5)$$

где $t_0 = \dfrac{\dfrac{t_в}{R_в} + \dfrac{t_н}{R_н}}{\dfrac{1}{R_в} + \dfrac{1}{R_н}}$ – предельная температура воздуха в прослойке, °С; (8.6)

$x_0 = \dfrac{c_в \cdot V_{пр} \cdot \delta_{пр} \cdot \gamma_в}{\dfrac{1}{R_в} + \dfrac{1}{R_н}}$ – условная высота, на которой температура воздуха в прослойке отличается от предельной температуры t_0 в e раз ($e \approx 2,7$) меньше, чем отличалась при входе в прослойку, м; (8.7)

$c_в$ – удельная теплоемкость воздуха, равная 1005 Дж/(кг·°С);

$\gamma_в$ – средняя плотность воздуха, равная $353/(273+t_{пр})$ кг/м^3;

$R_н$ – термическое сопротивление стены от воздушной прослойки до наружного воздуха (м^2·°С)/Вт),

$$R_н = 1/\alpha_н + 1/\alpha_{пр} + R_{об}, \quad (8.8)$$

где $\alpha_{пр}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м^2·°С); принимается по таблице 6 СП 50.13330.2012;

$R_{об}$ – термическое сопротивление облицовочной плитки НФС, (м^2·°С)/Вт.

Для расчета в качестве $R_в$ берется приведенное сопротивление теплопередаче глухой стены с НФС $R_ф^{пр}$ по формуле (5.1) настоящего свода правил.

Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{пр}$ равен сумме конвективного и лучистого коэффициентов теплоотдачи $\alpha_{пр} = \alpha_к + 2\alpha_л$.

Конвективный коэффициент теплоотдачи $\alpha_к$ рассчитывается по формуле

$$\alpha_к = 7,34 \cdot \left(V_{пр}\right)^{0,656} + 3,78 \cdot e^{-1,91 V_{пр}}. \quad (8.9)$$

Лучистый коэффициент теплоотдачи определяется по формуле

$$\alpha_л = \frac{m}{\dfrac{1}{C_1} + \dfrac{1}{C_2} - \dfrac{1}{C_0}}, \quad (8.10)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м^2·К^4), равный 5,77;

C_1, C_2 – коэффициент излучения поверхностей, Вт/(м^2·К^4), в случае отсутствия данных по применяемым материалам, принимаются равными 4,4 для минеральной ваты, 5,3 для неметаллической облицовки, 0,5 для облицовки полированным (со стороны прослойки) металлом;

m – температурный коэффициент, который рассчитывается по формуле

$$m = 0,04 \cdot \left(\frac{273 + t_{пр}}{100}\right)^3. \quad (8.11)$$

В процессе расчетов температура прослойки изменяется, а температурный коэффициент изменяется слабо. Поэтому он находится один раз в начале расчетов для температуры $t_н$+1.

Температура и скорость движения воздуха в прослойке находятся методом итераций: по формуле (8.5) определяется средняя температура воздуха в прослойке с коэффициентом теплоотдачи в прослойке $\alpha_{пр}$, затем по формуле (8.2) или (8.4) определяется средняя скорость движения воздуха в прослойке при полученной температуре, по формулам (8.9) и (8.10) пересчитывается коэффициент теплоотдачи в прослойке, по формуле (8.8) пересчитывается термическое сопротивление стены от воздушной прослойки до наружного воздуха, по формуле (8.5) определяется средняя температура воздуха в прослойке для скорости движения воздуха в прослойке, полученной на предыдущем шаге и т. д. На первом шаге средняя скорость движения воздуха в прослойке принимается равной 0 м/с. Шаги итерации продолжаются, пока разница между скоростями воздуха на соседних шагах не станет меньше 10 %.

В результате расчета находятся температура и скорость движения воздуха в прослойке, а также коэффициент теплоотдачи в прослойке $\alpha_{пр}$.

Допускается находить приближенную скорость движения воздуха в прослойке $\widetilde{V}_{пр}$, м/с, без итераций по формуле

$$\widetilde{V}_{пр} = \sqrt{\frac{0{,}08 \cdot h}{\sum_i \xi_i}} \cdot \sqrt{\frac{R_н}{R_в}\left(t_в - t_н\right)}. \qquad (8.12)$$

В этом случае допускается $\alpha_{пр}$ принимать равным 12 Вт/(м^2·°С). Средняя температура воздуха в прослойке рассчитывается также по формуле (8.5).

Использовать формулу (8.12) и упрощенный подход допускается только при выполнении условия:

$$\frac{x_0}{h} \le 0{,}2\,. \qquad (8.13)$$

В случае невыполнения условия (8.13) или, при необходимости более точных расчетов, формулу (8.12) можно использовать для нахождения стартовой скорости для выполнения процесса итераций, описанного выше.

8.4.2 Расчет влажностного режима наружных стен с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой

Для определения таких характеристик конструкции, как долговечность и расчетная теплопроводность, рассчитывают влажностный режим конструкции в многолетнем цикле эксплуатации (нестационарный влажностный режим) с применением специализированного программного комплекса. В наружных граничных условиях учитывают сопротивление паропроницанию ветрозащиты и наружной облицовки, а также воздухообмен в воздушной прослойке.

Результатом расчета является распределение влажности по толщине конструкции в любой момент времени ее эксплуатации, по которому определяют эксплуатационную влажность материалов конструкции.

По результатам расчета влажностного режима конструкции в многолетнем цикле эксплуатации проверяется соблюдение двух требований к конструкции:

1) максимальная влажность утеплителя не должна превышать критической величины, которую принимают равной сумме $w_Б$ – расчетной влажности материала для условий эксплуатации Б для применяемого утеплителя и $\Delta w_{ср}$ – предельно допустимого приращения влажности материала по таблице 10 СП 50.13330.2012;

2) средняя влажность утеплителя и основания в месяц наибольшего увлажнения не должна превышать расчетную влажность материала для условий эксплуатации.

Если для какого-либо из слоев конструкции требования к влажностному режиму стены не выполняются, рекомендуется усиливать внутреннюю штукатурку, или увеличивать воздухообмен в воздушной прослойке, или уменьшать сопротивление паропроницанию ветрозащиты.

Дополнительным результатом расчета нестационарного влажностного режима является величина потока водяного пара из конструкции в воздушную прослойку $q^n_в$, мг/(ч·м^2), в наиболее холодный месяц.

По потоку водяного пара рассчитывается коэффициент k, мг/(м^2·ч·Па), используемый в дальнейших расчетах:

$$k = \frac{q^n_в}{e_в - E_н}. \qquad (8.14)$$

Допускается рассчитывать коэффициент k по приближенной формуле

$$k = \frac{1}{2R^п_о} + \frac{1}{2R^п_{ут+}} \frac{1}{\sqrt{1+\chi^2} + \sqrt{2}\chi}, \qquad (8.15)$$

где $R_о^п$ – полное сопротивление паропроницанию стены, м^2·ч·Па/мг;

$R_{ут+}^п$ – сопротивление паропроницанию слоев от основания до воздушной прослойки, м^2·ч·Па/мг; (в общем случае это сумма сопротивлений паропроницанию слоев пароизоляции, утеплителя, ветрозащиты и сопротивления влагообмену в воздушной прослойке, который приближенно принимается равным 0,02 м^2·ч·Па/мг);

$$\chi = \frac{0{,}0373}{R^п_{ут+}\sqrt{\frac{\partial w}{\partial \varphi}\frac{\mu_{ос}\gamma_{ос}}{E_{ос}}}}, \qquad (8.16)$$

где $\frac{\partial w}{\partial \varphi}$ – значение производной кривой сорбции, определяемой по ГОСТ 24816; для материала основания стены при φ = 50 %;

$\mu_{ос}$ – паропроницаемость материала основания, мг/(м·ч·Па);

$\gamma_{ос}$ – плотность материала основания, кг/м^3;

$E_{ос}$ – давление насыщенного водяного пара при средней температуре основания в расчетных условиях (для средней температуры наиболее холодного месяца).

8.4.3 Расчет влажности воздуха на выходе из вентилируемой воздушной прослойки

Давление водяного пара в воздушной прослойке определяется балансом пришедшей из конструкции в прослойку и ушедшей из прослойки наружу влаги. Расчет проводится для наиболее холодного месяца. Парциальное давление водяного пара в воздушной прослойке $e_{пр}$, Па, находится из уравнения баланса:

$$e_{пр} = e_1 - (e_1 - e_н) \cdot exp\left(-\frac{h}{x_1}\right), \quad (8.17)$$

где $e_1 = \frac{e_н + R^п_{эк} \cdot k \cdot e_в}{k \cdot R^п_{эк} + 1}$ – предельное парциальное давление водяного пара в прослойке, Па;

$x_1 = 22100 \cdot \frac{V_{пр} \cdot \delta_{пр} \cdot \gamma_в \cdot R^п_{эк}}{k \cdot R^п_{эк} + 1}$ – условная высота падения парциального давления водяного пара, м;

$e_н$ – парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па;

$R_{эк}^{п}$ – сопротивление паропроницанию облицовки фасада, м^2·ч·Па/мг;

k – коэффициент, определяемый по формуле (8.14) или (8.15).

Величина $e_{пр}$ сравнивается с величиной давления насыщенного водяного пара при температуре воздуха, равной $t_н$, и если $e_{пр} > E_н$, то принимаются меры по улучшению влажностного режима воздушной прослойки: увеличивается ширина воздушной прослойки, уменьшается высота непрерывной воздушной прослойки (устанавливаются рассечки вентилируемой прослойки), увеличивается ширина зазора между плитками облицовки.

В случае разделения вентилируемой прослойки рассечками следует предусмотреть продухи для выхода воздуха из нижней части прослойки и забора воздуха в верхнюю часть прослойки. По возможности следует препятствовать смешиванию выбрасываемого и забираемого воздуха.

8.4.4 Расчет требуемой величины сопротивления воздухопроницанию стены с НФС с вентилируемой воздушной прослойкой

Требуемая воздухопроницаемость стены с облицовкой на относе $G^{тр}$, кг/(м^2·ч), рассчитывается по формуле

$$G^{тр} = \frac{\Gamma}{6{,}14 \cdot R^п_o}, \quad (8.18)$$

где Г – параметр, приведенный в таблице 8.5;

$R_o^п$ – полное сопротивление паропроницанию стены, м^2·ч·Па/мг.

Таблица 8.5 – **Значения параметра Г, для различных значений параметров *D* и к**

к / D	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12
0,02	3,96	1,61	0,62							
0,04	8,16	4	2,5	1,64	0,63					
0,06		6,17	4,05	2,92	1,66	0,92				
0,08	16,7		5,54	4,1	2,55	1,68	0,65			
0,1		10,5		5,24	3,39	2,38	1,22	0,51		
0,12	25,6		8,52		4,19	3,03	1,73	0,96	0,42	
0,14		15,1		7,54		3,67	2,22	1,39	0,81	
0,16	34,9		11,6		5,8		2,69	1,79	1,17	0,7
0,18		19,8		9,92		4,92		2,17	1,51	1,02
0,2	44,6		14,9		7,43		3,61		1,84	1,32

Параметр D рассчитывается по формуле

$$D = \frac{E_у - e_н}{e_в - e_н}, \tag{8.19}$$

где $E_у$ – давление насыщенного водяного пара на границе между утеплителем и вентилируемой воздушной прослойкой, Па.

Параметр к рассчитывается по формуле

$$к = \frac{R_н^п}{R_o^п}, \tag{8.20}$$

где $R_н^п$ – сопротивление влагообмену на наружной границе ограждающей конструкции, м^2·ч·Па/мг, рассчитывается по формуле

$$R_н^п = R_{вет}^п + \frac{1}{\frac{1}{R_{об}^п} + \frac{28573}{1+\frac{t_{пр}}{273}} \cdot \frac{\delta_{пр}}{h} \cdot V_{пр}}. \tag{8.21}$$

Полное сопротивление паропроницанию стены определяется как сумма сопротивлений паропроницанию всех слоев конструкции плюс сопротивления влагообмену на наружной и внутренней границах стены.

Воздухопроницаемость конструкции не должна превышать требуемую. Воздухопроницаемость конструкции определяется в соответствии с разделом 7 СП 50.13330.2012 для условий наиболее холодного месяца.

8.5 Требование к наружному штукатурному слою стен с фасадами с тонким штукатурным слоем

Для фасадов с тонким штукатурным слоем при проверке защиты от переувлажнения допускается заменять методику, изложенную в разделе 8 СП 50.13330.2012, методикой, изложенной в данном подразделе.

Проверка проводится для климатических параметров, средних за период с отрицательными среднемесячными температурами.

Сопротивление паропроницанию наружного штукатурного слоя $R^{п}_{шт}$, м^2·ч·Па/мг, должно удовлетворять условию:

$$R^{п}_{шт} \le 0{,}44 \frac{E_{н}(1-\varphi_{н})}{7{,}5\sqrt{\frac{\partial w}{\partial \varphi}\frac{\mu_{ос}\gamma_{ос}}{E_{ос}}}-100}, \qquad (8.22)$$

где $\frac{\partial w}{\partial \varphi}$, $\mu_{ос}$, $\gamma_{ос}$, $E_{ос}$ – то же, что и в формуле (8.16).

8.6 Определение влажности внутреннего воздуха помещения с учетом наличия солей.

Наличие неорганических гигроскопических солей в материале наружных ограждающих конструкций зданий вызывает понижение парциального давления насыщенного водяного пара над растворами солей в поровом пространстве стенового материала.

Тогда в формулах (8.1)–(8.3) СП 50.13330.2012 вместо значения $E_{в}$ следует принимать E_{pi} (при наличии одной соли) и $E_{р}$ (при наличии смеси солей), вместо $\varphi_{в}$ – принимать $\varphi_{в}^{с}$,

где E_{pi}, $E_{р}$ – парциальное давление водяного пара, соответственно, над насыщенным раствором соли и смеси солей, Па, при температуре внутреннего воздуха $t_{в}$;

$\varphi_{в}^{с}$ – относительная влажность внутреннего воздуха, %, с учетом наличия солей, рассчитываемая по формуле

$$\varphi_{в}^{с} = \varphi_{в}\, 100 / \varphi_{р}, \qquad (8.23)$$

где $\varphi_{в}$ – относительная влажность внутреннего воздуха, %, в отсутствии солей;

$\varphi_{р}$ – относительная влажность воздуха, %, над насыщенным водным раствором соли.

При превышении значением $\varphi_{в}^{с}$, вычисленным по формуле (8.23), 100 % его следует принимать равным 100 %.

При содержании в материале ограждающей конструкции одной соли значения E_{pi} и $\varphi_{р}$ принимаются по интерполяции данных таблицы 8.6.

Таблица 8.6 – **Парциальное давление водяного пара E_{pi}, Па, и относительная влажность воздуха φ_p, %, над насыщенными растворами отдельных солей при давлении B=100,7 кПа**

Химическая формула вещества	Парциальное давление водяного пара, E_{pi}, Па, при температуре t, °С					Относительная влажность над насыщенным раствором соли φ_p, %, при температуре t, °С				
	10	15	20	25	30	10	15	20	25	30
$ZnBr_2$	–	–	230,6	286,6	305,3	–	–	9,9	9,0	7,2
$MgCl_2$	–	–	–	–	1400	–	–	–	–	33,0
$Na_2S_2O_3$	548	761,3	1051	1451	1895	44,6	44,7	45,0	45,8	44,6
$Mg(NO_3)_2$	–	–	1261	1659	2169	–	–	53,9	52,4	51,1
$Ca(NO_3)_2$	746,6	954,6	1288	1605	2005	60,8	56,0	55,1	50,7	47,2
NaBr	–	959,9	1400	1787	2240	–	56,3	60,0	56,4	52,8
NH_4NO_3	917,3	1193	1566	1992	2524	74,7	70,0	67,0	62,9	59,4
$NaNO_3$	950,6	1313	1804	2364	3076	77,4	77,0	77,2	74,6	72,4
NaCI	923,6	1279	1807	2381	3253	75,2	75,0	77,3	75,2	76,6
NH_4Cl	969,3	1353	1856	2416	3281	78,9	79,4	79,4	76,3	77,3
$Ca(NH_2)_2$	997,2	1365	1873	2408	3078	81,2	80,1	80,1	76,0	72,5
$(NH_4)_2SO_4$	971,9	1355	1896	2600	3362	79,1	79,5	81,1	82,1	79,2
Na_2SO_4	909,3	1333	1927	2748	3633	74,0	78,2	82,4	86,7	85,6
KCl	1055	1445	1968	2636	3733	85,9	84,8	84,2	83,2	87,9
$NaSO_3$	1075	1487	2038	2762	3706	87,5	87,2	87,2	87,2	87,3
$CdSO_4$	1099	1511	2077	2812	3768	89,5	88,6	88,8	88,8	88,7
Na_2CO_3	–	1601	2090	2704	3465	–	93,9	89,4	85,4	81,6
$CdBr_2$	–	–	2120	2820	3678	–	–	90,7	89,0	86,6
$ZnSO_4$	1189	1597	2126	2802	3661	96,8	93,7	90,9	88,4	86,2
$NH_4H_2PO_4$	1192	1658	2146	2921	3890	97,1	97,2	91,8	92,2	91,6
KNO_3	1183	1635	2161	2925	3845	96,3	95,9	92,4	92,3	90,6
$CaH_4(PO_4)_2$	1193	1689	2202	3052	3980	97,1	99,1	94,2	96,3	93,7
KH_2PO_4	1195	1683	2251	3034	3946	97,3	98,7	96,3	95,8	92,9
$MgSO_4$	–	–	–	–	4000	–	–	–	–	94,2
K_2SO_4	1208	1701	2306	3141	4112	98,4	99,8	98,6	99,2	96,8

При наличии в материале наружных ограждающих конструкций солей, образующих разные виды кристаллогидратов одной соли при данной температуре, над раствором смеси кристаллогидратов давление E_p принимается равным давлению E_{pi} над раствором кристаллогидрата с наибольшим количеством молекул воды.

Для солей, которые не образуют кристаллогидраты, давление пара изотермически инвариантных смешанных растворов и смешанных растворов, насыщенных хотя бы одним компонентом или близких к насыщению, E_p рассчитывается по формуле

$$E_p = E_в - \sum (E_в - E_{pi}) \cdot \frac{c_i \cdot C^i_{H_2O}}{c^н_i \cdot C_{H_2O}}, \qquad (8.24)$$

где c_i – концентрация i-й соли в растворе смеси солей, масс.%;

$C^{i}_{H_2O}$ – содержание воды в насыщенном растворе *i*-й соли, масс.%;

$c^{н}_{i}$ – концентрация *i*-й соли в насыщенном растворе *i*-й соли, масс.%;

C_{H_2O} – содержание воды в растворе смеси солей, масс.%.

Значения $c^{н}_{i}$, $C^{i}_{H_2O}$ принимаются по справочникам растворимости водно-солевых систем. Значения c_i и C_{H_2O} принимаются по результатам исследований материала наружных ограждающих конструкций. Значения $E_р$ и $\varphi_р$ для многокомпонентных растворов $NaCl+K_2SO_4+KCl$ и $NaCl+Na_2SO_4$ принимаются по таблице 8.7, при наличии смесей других солей – по справочникам растворимости многокомпонентных систем.

Таблица 8.7 – **Парциальное давление водяного пара $E_р$, Па, и относительная влажность воздуха $\varphi_р$, %, над насыщенными растворами смесей солей при давлении B = 100,7 кПа**

t, °С	Состав смеси солей			
	$NaCl + K_2SO_4 + KCl$		$NaCl + Na_2SO_4$	
	$E_р$, Па	$\varphi_р$, %	$E_р$, Па	$\varphi_р$, %
10	908,0	73,9	896,2	70,78
15	1277,9	75,0	1131,3	66,35
20	1778,6	76,1	1637,8	70,05
25	2353,1	74,3	2449, 8	77,33
30	3155,3	74,3	3344,5	78,77

9 Теплоусвоение поверхности полов

9.1 Требования к теплоусвоению поверхности полов

Требования к теплоусвоению поверхности полов устанавливаются в разделе 9.1 СП 50.13330.2012

Согласно данному разделу поверхность пола жилых и общественных зданий, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий и отапливаемых помещений производственных зданий (на участках с постоянными рабочими местами) должна иметь расчетный показатель теплоусвоения $Y_{пол}$, Вт/(м^2·°С), не более нормируемой величины $Y^{тр}_{пол}$, приведенной в таблице 12 СП 50.13330.2012.

9.2 Расчет теплоусвоения поверхности полов

Методические указания по расчету теплоусвоения поверхности полов приведены в разделе 9.2 СП 50.13330.2012.

Согласно данному разделу расчетная величина показателя теплоусвоения поверхности пола $Y_{пол}$, Вт/(м^2·°С), определяется следующим образом:

а) если покрытие пола (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию $D_1 = R_1 s_1 \geq 0{,}5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола следует определять по формуле:

$$Y_{пол} = 2 s_1; \qquad (9.1)$$

б) если первые n слоев конструкции пола ($n \geq 1$) имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + ... + D_n < 0{,}5$, но тепловая инерция ($n$ + 1) слоев

$D_1 + D_2 + ... + D_{n+1} \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{пол}$ следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции, начиная с n-го до 1-го:

для n-го слоя – по формуле

$$Y_n = \left(2R_n s_n^2 + s_{n+1}\right) / \left(0,5 + R_n s_{n+1}\right); \quad (9.2)$$

для i-го слоя ($i = n–1; n–2; ...; 1$) – по формуле

$$Y_i = \left(4R_i s_i^2 + Y_{n+1}\right) / \left(1 + R_i Y_{i+1}\right). \quad (9.3)$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_{пол}$ принимается равным показателю теплоусвоения поверхности 1-го слоя Y_1.

Для полимерных рулонных и плиточных материалов показатель теплоусвоения определяется по ГОСТ 25609.

10 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

10.1 Требования к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий установлены в разделе 10 СП 50.13330.2012.

10.2 Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

Методика расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий представлена в приложении Г СП 50.13330.2012.

10.3 Методика расчета удельной характеристики теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации

Удельная характеристика теплопоступлений в здание от проникающей солнечной радиации $k_{рад}$, Вт/(м^3·°С), за отопительный период рассчитывается в соответствии с приложением Г СП 50.13330.2012 по формуле

$$k_{рад} = \frac{11,6 \cdot Q_{рад}^{оп}}{V_{от} \cdot ГСОП}, \quad (10.1)$$

где $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м^3;

ГСОП – значение градусо-суток отопительного периода для района строительства, °С сут/год, определяемое по формуле (5.2) СП 50.13330;

$Q_{рад}^{оп}$ – суммарные теплопоступления через окна, расположенные на фасадах, ориентированных по направлениям j, и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж/год, вычисляются по формуле

$$Q_{рад}^{оп} = \sum_{j}^{J} [I_j^{вер} \cdot \sum_{l=1}^{L} g_{jl} \cdot \tau_{2jl} \cdot A_{jl}] + I^{гор} \cdot \sum_{y=1}^{Y} g_{фон} \cdot \tau_{2фон} \cdot A_{фон}, \quad (10.2)$$

где $I_j^{вер}$ – суммарная радиация за отопительный период для вертикальной поверхности, ориентированной по направлению j, МДж/год·м^2; принимается по климатологическим справочным данным;

$I^{\text{гор}}$ – суммарная радиация за отопительный период для горизонтальной поверхности, МДж/год·м^2; принимается по климатологическим справочным данным;

A_{jl}, $A_{\text{фон}}$ – площадь окон, ориентированных по направлению j, и зенитных фонарей, соответственно, м^2;

g_{jl}, $g_{\text{фон}}$ – коэффициенты общего пропускания солнечной энергии для окон (l – индекс окна) ориентированных по направлению j, и зенитных фонарей, соответственно, определяемые как сумма коэффициента прямого пропускания солнечной энергии и коэффициента вторичной теплопередачи внутрь помещения, отн. ед., определяемые экспериментально или по приложению Б настоящего свода правил;

τ_{2jl}, $\tau_{2\text{фон}}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема окон и зенитных фонарей, непрозрачными элементами заполнения, отн. ед., рассчитываемые по формуле (см. ГОСТ 26602.4)

$$\tau_{2jl} = \frac{1}{A_0}\sum_{l'=1}^{L'} A_{l'} \cdot \left\{ K_{\text{г}l'} + \frac{\beta_{l'} \cdot \rho_{l'} \cdot (1 - K_{\text{г}l'})^2}{2 - \rho_{l'} \cdot \left[K_{\text{г}l'} \cdot (2 + \beta_{l'}) - \beta_{l'}\right]} \right\}, \qquad (10.3)$$

где $\beta_{l'}$ – индекс l'-й ячейки переплета, отн. ед.; для переплета прямоугольной формы $\beta_{l'} = 2a_{l'}b_{l'} / d_{l'}\sqrt{\pi(a_{l'} + b_{l'})}$, для переплета круглой формы $\beta_{l'} = r_{l'} / d_{l'}$; $d_{l'}$ – толщина l'-й ячейки переплета, м;

$r_{l'}$ – радиус ячейки переплета, м;

A_0 – площадь оконного блока по наружному обмеру, м^2;

$A_{l'} = a_{l'} \cdot b_{l'}$ – площадь l'-й ячейки в свету, м^2;

$a_{l'}, b_{l'}$ – ширина и высота l'-й ячейки в свету, м;

$\rho_{l'}$ – коэффициент диффузного отражения внутренних граней l'-й ячейки, отн. ед.;

L' – общее количество светопрозрачных ячеек в оконном блоке;

$K_{\text{г}l'}$ – составляющая коэффициента светопередачи, зависящая от геометрических размеров ячейки переплета.

$$K_{\text{г}l'} = 0{,}25\left[\sqrt{\left(1/\beta_{l'}\right)^2 + 4} - \left(1/\beta_{l'}\right)\right]^2. \qquad (10.4)$$

Суммарная (прямая плюс рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность (покрытие, зенитные фонари) $I^{\text{гор}}$, МДж/год·м^2, при действительных условиях облачности за отопительный период для климатического района строительства рассчитывается по формуле

$$I^{\text{гор}} = \sum_{i=1}^{m} I_i^{\text{гор}}, \qquad (10.5)$$

где $I_i^{\text{гор}}$ – суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности для i-го месяца отопительного периода, МДж/год·м^2;

m – число месяцев отопительного периода со среднесуточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 8 °С, по СП 131.13330.

Суммарная (прямая, рассеянная и отраженная) солнечная радиация на вертикальную поверхность (стены и окна) $I_j^{\text{вер}}$, МДж/год·м^2, при действительных условиях облачности за отопительный период рассчитывается по формуле

$$I_j^{\text{вер}} = \sum_{i=1}^{m} I_i^{\text{вер}} = \sum_{i=1}^{m} (S_{ji}^{\text{вер}} + D_i^{\text{вер}} + R_i^{\text{вер}}) = \sum_{i=1}^{m} (S_i^{\text{гор}} K_{\text{ГВ}ji} + D_i^{\text{гор}} / 2 + I_i^{\text{гор}} \cdot A_{k_i} / 200), \quad (10.6)$$

где $S_{ji}^{\text{вер}}$ – прямая солнечная радиация на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в i-м месяце отопительного периода для j-й ориентации, МДж/м^2;

$D_i^{\text{вер}}$, $R_i^{\text{вер}}$ – рассеянная и отраженная солнечная радиация на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности в i-м месяце отопительного периода, МДж/м^2;

$S_i^{\text{гор}}, D_i^{\text{гор}}$ – прямая и рассеянная солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности в i-м месяце отопительного периода, МДж/м^2, принимается по климатологическим справочным данным;

m – то же, что и в формуле (10.5);

$A_{k\,i}$ – альбедо поверхности земли в i-м месяце отопительного периода, %, принимается по климатологическим справочным данным;

$K_{\text{ГВ}\,ji}$ – коэффициент пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную i-го месяца отопительного периода для j-й ориентации, принимается по данным приложения В настоящего свода правил.

10.4 Правила определения отапливаемых площадей и объемов зданий

Отапливаемую площадь здания $A_{\text{от}}$, м^2, следует определять как площадь этажей (в том числе мансардного, отапливаемого цокольного и подвального) здания, измеряемую в пределах внутренних поверхностей наружных стен, включая площадь, занимаемую перегородками и внутренними стенами. При этом площадь лестничных клеток и лифтовых шахт включается в площадь этажа.

В отапливаемую площадь здания не включаются площади теплых чердаков и подвалов, неотапливаемых технических этажей, подвала (подполья), холодных неотапливаемых веранд, неотапливаемых лестничных клеток, а также холодного чердака или его части, не занятой под мансарду.

При определении площади мансардного этажа учитывается площадь с высотой до наклонного потолка 1,2 м при наклоне 30° к горизонту; 0,8 м – при 45°–60°; при 60° и более – площадь измеряется до плинтуса.

Площадь жилых помещений здания $A_{\text{ж}}$, м^2, рассчитывается как сумма площадей всех общих комнат (гостиных) и спален.

Отапливаемый объем здания $V_{от}$, м^3, рассчитывается как произведение отапливаемой площади этажа на внутреннюю высоту, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа.

При сложных формах внутреннего объема здания отапливаемый объем определяется как объем пространства, ограниченного внутренними поверхностями наружных ограждений (стен, покрытия или чердачного перекрытия, цокольного перекрытия).

Площадь наружных ограждающих конструкций $A_н^{сум}$, м^2, рассчитывается по внутренним размерам здания. Общая площадь наружных стен (с учетом оконных и дверных проемов) рассчитывается как произведение периметра наружных стен по внутренней поверхности на внутреннюю высоту здания, измеряемую от поверхности пола первого этажа до поверхности потолка последнего этажа с учетом площади оконных и дверных откосов глубиной от внутренней поверхности стены до внутренней поверхности оконного или дверного блока. Суммарная площадь окон определяется по размерам проемов в свету. Площадь наружных стен (непрозрачной части) рассчитывается как разность общей площади наружных стен и площади окон и наружных дверей.

Площадь горизонтальных наружных ограждений (покрытия, чердачного и цокольного перекрытий) рассчитывается как площадь этажа здания (в пределах внутренних поверхностей наружных стен).

При наклонных поверхностях потолков последнего этажа площадь покрытия, чердачного перекрытия определяется как площадь внутренней поверхности потолка.

10.5 Форма энергетического паспорта проекта здания

Форма энергетического паспорта проекта здания представлена в приложении Д СП 50.13330.2012.

11 Теплофизические расчеты отдельных элементов зданий

11.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций теплых чердаков

11.1.1 Требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия теплого чердака $R_{о,черд.т}^{тр}$, (м^2·°С)/Вт, рассчитывается по формуле

$$R_{о,черд.т}^{тр} = n_t \cdot R_о^{тр}, \quad (11.1)$$

где $R_о^{тр}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче покрытия, определяемое по формуле (5.1) СП 50.13330.2012 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

n_t – коэффициент, определяемый по формуле (5.3) СП 50.13330.2012, которая применительно к теплому чердаку имеет вид:

$$n_t = \frac{t_в - t_в^{черд}}{t_в - t_н}, \quad (11.2)$$

где $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха помещений верхнего этажа, °С;

$t_н$ – расчетная температура наружного воздуха, °С;

$t_в^{черд}$ – расчетная температура воздуха в чердаке, °С; для расчета теплового баланса для 6–8-этажных зданий – 14 °С, для 9–12-этажных зданий – 15–16 °С, для 14–17-этажных зданий – 17–18 °С. Для зданий ниже 6 этажей чердак, как правило, выполняют холодным, а вытяжные каналы из каждой квартиры выводят на кровлю.

11.1.2 Проверяют условие $\Delta t \le \Delta t^н$ для перекрытия по формуле

$$\Delta t = \frac{t_в - t_в^{черд}}{R_{о,черд.т}^{пр}\alpha_в}, \qquad (11.3)$$

где $t_в$, $t_в^{черд}$ – то же, что и в (11.2);

$R_{о,черд.т}^{пр}$ – приведенное сопротивление перекрытия, превышающее требуемое по формуле (11.1), (м^2·°С)/Вт;

$\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи поверхности перекрытия в помещении, Вт/(м^2·°С);

$\Delta t^н$ – нормируемый температурный перепад, принимаемый согласно СП 50.13330.2012 равным 3 °С.

Если условие $\Delta t \le \Delta t^н$ не выполняется, то следует увеличить сопротивление теплопередаче перекрытия $R_{о,черд.т}^{пр}$ до значения, обеспечивающего это условие.

11.1.3 Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия $R_{о,покр}^{тр}$, (м^2·°С/Вт), рассчитывают по формуле

$$R_{о,покр}^{тр} = \left(t_в^{черд} - t_н\right) \Big/ \left[0{,}28G_{вент}c\left(t_{вент} - t_в^{черд}\right) + \left(t_{int} - t_в^{черд}\right) \Big/ R_{о,черд.ст}^{норм} + \right.$$
$$\left. + \left(\sum_{i=1}^{n} q_{тр,i} l_{тр,i}\right) \Big/ A_{черд.т} - \left(t_в^{черд} - t_н\right) \alpha_{черд.ст} \Big/ R_{о,черд.ст}^{норм} \right], \qquad (11.4)$$

где $t_в$, $t_н$, $t_в^{черд}$ – то же, что и в (11.2);

$G_{вент}$ – приведенный (отнесенный к 1 м^2 пола чердака) расход воздуха в системе вентиляции, кг/(м^2·ч), определяемый по таблице 11.1;

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°С);

$t_{вент}$ – температура воздуха, выходящего из вентиляционных каналов, принимаемая равной $t_в$ + 1,5, °С;

$R_{о,черд.т}^{тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия теплого чердака, (м^2·°С)/Вт, устанавливаемое согласно СП 50.13330;

$R_{о,черд.ст}^{норм}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака, (м^2·°С)/Вт, определяемое согласно 11.1.4;

$q_{тр,i}$ – линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода i-го диаметра с учетом теплопотерь через изолированные

опоры, фланцевые соединения и арматуру, Вт/м; для чердаков и подвалов значения q_{pi} приведены в таблице 11.2;

$l_{тр,i}$ – длина трубопровода i-го диаметра, м, принимается по проекту;

$a_{черд.ст}$ – приведенная (отнесенная к 1 м^2 пола чердака) площадь наружных стен теплого чердака, м^2/м^2, определяемая по формуле

$$a_{черд.ст} = A_{черд.ст} / A_{черд.т}, \quad (11.5)$$

где $A_{черд.ст}$ – площадь наружных стен чердака, м^2;

$A_{черд.т}$ – площадь перекрытия теплого чердака, м^2.

Таблица 11.1 – **Приведенный расход воздуха в системе вентиляции**

Этажность здания	Приведенный расход воздуха $G_{вент}$, кг/(м^2·ч), при наличии в квартирах	
	газовых плит	электроплит
5	12	9,6
9	19,5	15,6
12	–	20,4
16	–	26,4
22	–	35,2
25	–	39,5

Таблица 11.2 – **Нормируемая плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции трубопроводов на чердаках и в подвалах**

Условный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура теплоносителя, °С				
	60	70	95	105	125
	Линейная плотность теплового потока $q_{тр,i}$, Вт/м				
10	7,7	9,4	13,6	15,1	18
15	9,1	11	15,8	17,8	21,6
20	10,6	12,7	18,1	20,4	25,2
25	12	14,4	20,4	22,8	27,6
32	13,3	15,8	22,2	24,7	30
40	14,6	17,3	23,9	26,6	32,4
50	14,9	17,7	25	28	34,2
70	17	20,3	28,3	31,7	38,4
80	19,2	22,8	31,8	35,4	42,6
100	20,9	25	35,2	39,2	47,4
125	24,7	29	39,8	44,2	52,8
150	27,6	32,4	44,4	49,1	58,2

Примечание – Плотность теплового потока в таблице определена при средней температуре окружающего воздуха 18 °С. При меньшей температуре воздуха плотность теплового потока возрастает с учетом следующей зависимости

$$q_t = q_{18}\left[(t_T - t)/(t_T - 18)\right]^{1,283}, \quad (11.6)$$

где q_{18} – линейная плотность теплового потока по таблице 11.2;

t_T – температура теплоносителя, циркулирующего в трубопроводе при расчетных условиях, °С;

t – температура воздуха в помещении, где проложен трубопровод, °С.

11.1.4 Нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака $R_{о,черд.ст}^{норм}$, (м$^2\cdot$°С)/Вт, определяют согласно СП 50.13330 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства при расчетной температуре воздуха в чердаке $t_в^{черд}$.

11.1.5 Проверяют наружные ограждающие конструкции на невыпадение конденсата на их внутренних поверхностях. Температуру внутренней поверхности стен $\tau_{ч.в}^{стен}$, перекрытий $\tau_{ч.в}^{перекр}$ и покрытий $\tau_{ч.в}^{покр}$ чердака следует определять по формуле

$$\tau_{ч.в} = t_в^{черд.} - \left[\left(t_в^{черд} - t_н\right)/\left(R_о \alpha_в^{черд}\right)\right], \qquad (11.7)$$

где $t_в^{черд}$, $t_н$ – то же, что и в формуле (11.2);

$\alpha_в^{черд}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения теплого чердака, Вт/(м$^2\cdot$°С), принимаемый для стен – 8,7; для покрытий 7–9-этажных домов – 9,9; 10–12-этажных – 10,5; 13–16-этажных – 12 Вт/(м$^2\cdot$°С);

$R_о$ – приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен $R_{о,черд.ст}^{пр}$, перекрытий $R_{о,черд.перекр.}^{пр}$ и покрытий $R_{о,черд.покр.}^{пр}$ теплого чердака, (м$^2\cdot$°С)/Вт.

Температура точки росы $t_р$ вычисляется следующим образом:

а) рассчитывается влагосодержание воздуха чердака $f_{черд}$ по формуле

$$f_{черд} = f_н + \Delta f, \qquad (11.8)$$

где $f_н$ – влагосодержание наружного воздуха, г/м^3, при расчетной температуре $t_н$, рассчитываемое по формуле

$$f_н = 0{,}00794 \cdot e_н / \left(1 + t_н/273\right), \qquad (11.9)$$

где $e_н$ – среднее за январь парциальное давление водяного пара, Па, определяемое согласно СП 131.13330;

Δf – приращение влагосодержания за счет поступления влаги с воздухом из вентиляционных каналов, г/м^3, принимается: для домов с газовыми плитами – 4,0 г/м^3, для домов с электроплитами – 3,6 г/м^3;

б) рассчитывается парциальное давление водяного пара воздуха в теплом чердаке $e_{черд}$, Па, по формуле

$$e_{черд} = 125{,}9 f_{черд}\left(1 + t_в^{черд}/273\right); \qquad (11.10)$$

в) по таблицам парциального давления насыщенного водяного пара определяется температура точки росы $t_р$ по значению $E = e_{черд}$.

Полученное значение $t_р$ должно удовлетворять условию $t_р < \tau_{ч.в}$ (стен $\tau_{ч.в}^{стен}$, перекрытий $\tau_{ч.в}^{перекр}$ и покрытий $\tau_{ч.в}^{покр}$).

11.2 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций технических подполий

11.2.1 Технические подполья (техподполья) – это подвалы с нижней разводкой труб систем отопления, горячего водоснабжения, а также труб системы водоснабжения и канализации.

11.2.2 Нормируемое сопротивление теплопередаче $R^{\text{пр}}_{\text{о,цок,ст}}$, (м^2·°С)/Вт, части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, определяют согласно 5.2 СП 50.13330.2012 для стен в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства. При этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимают расчетную температуру воздуха в техподполье $t^{\text{подп}}_{\text{в}}$, °С, равную не менее плюс 2 °С при расчетных условиях.

11.2.3 Определяют приведенное сопротивление теплопередаче $R^{\text{пр}}_{\text{о,цок.3}}$, (м^2·°С)/Вт, ограждающих конструкций заглубленной части техподполья, расположенных ниже уровня земли согласно подразделу 5.6 настоящего свода правил.

11.2.4 Нормируемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем $R^{\text{норм}}_{\text{о,цок.1}}$, м^2·°С/Вт, рассчитывают по формуле

$$R^{\text{норм}}_{\text{о,цок.1}} = n_t \cdot R^{\text{тр}}_{\text{о}}, \qquad (11.11)$$

где $R^{\text{тр}}_{\text{о}}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытий над техподпольем, определяемое в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

n_t – коэффициент, определяемый по формуле (5.3) СП 50.13330.2012, которая в данном случае имеет вид:

$$n_t = \frac{t_{\text{в}} - t^{\text{подп}}_{\text{в}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}, \qquad (11.12)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха помещений нижнего этажа, °С;

$t_{\text{н}}$ – то же, что и в 11.1.1.

11.2.5 Температуру воздуха в техподполье $t^{\text{подп}}_{\text{в}}$, °С, рассчитывают по формуле

$$t^{\text{подп}}_{\text{в}} = \left[t_{\text{в}} A_{\text{цок1}} / R^{\text{норм}}_{\text{о,цок1}} + \sum_{i=1}^{n} q_{\text{тр,i}} l_{\text{тр,i}} + 0{,}28 c V_{\text{подп}} n_{\text{в}} \rho t_{\text{н}} + t_{\text{н}} A_{цок3} / R^{\text{пр}}_{\text{о,цок.3}} + t_{\text{н}} A_{\text{о,цок.ст}} / R^{\text{пр}}_{\text{о,цок.ст}}\right] / \left[A_{\text{цок1}} / R^{\text{норм}}_{\text{о,цок.1}} + 0{,}28 c V_{\text{подп}} n_{\text{в}} \rho + A_{\text{цок3}} / R^{\text{пр}}_{\text{о,цок.3}} + A_{\text{цок.ст}} / R^{\text{пр}}_{\text{о,цок.ст}}\right], \qquad (11.13)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура воздуха в помещении над техподпольем, °С;

$t_{\text{н}}$ – то же, что и в 11.1.1;

$q_{\text{тр,}i}$, $l_{\text{тр,}i}$, c – то же, что и в (11.4);

$A_{\text{цок.1}}$ – площадь техподполья (цокольного перекрытия), м^2;

$R^{\text{норм}}_{\text{о,цок.1}}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия, (м^2·°С)/Вт, устанавливаемое согласно п. 11.2.4;

$V_{\text{подп}}$ – объем воздуха, заполняющего пространство техподполья, м^3;

$n_{\text{в}}$ – кратность воздухообмена в подвале, ч$^{-1}$: при прокладке в подвале газовых труб $n_{\text{в}}$ = 1,0 ч$^{-1}$, в остальных случаях $n_{\text{в}}$ = 0,5 ч$^{-1}$;

ρ – плотность воздуха в техподполье, кг/м^3, принимаемая равной ρ = 1,2 кг/м^3;

$A_{\text{цок.3}}$ – площадь пола и стен техподполья, контактирующих с грунтом, м^2;

$R^{пр}_{о.док3}$ – то же, что и в 11.2.3;

$A_{цок.ст}$ – площадь наружных стен техподполья над уровнем земли, м^2;

$R^{пр}_{о.докст}$ – то же, что и в 11.2.3.

Если $t^{подп}_{в}$ отличается от первоначально заданной температуры более чем на 0,1°С, расчет повторяют принимая температуру в подполье равной полученной $t^{подп}_{в}$ по 11.2.4–11.2.5 до получения равенства величин в предыдущем и последующем шагах.

11.2.6 Рассчитывают Δt по формуле

$$\Delta t = \frac{t_в - t^{черд}_{в}}{R^{норм}_{о.док1}\alpha_в}, \qquad (11.14)$$

где $t_в$ – то же, что и в 11.2.4;

$t^{подп}_{в}$ – то же, что и в 11.2.5;

$R^{норм}_{о.док1}$ – то же, что и в 11.2.4;

$\alpha_в$ – согласно таблице 4 СП 50.13330.2012.

Проверяют полученное значение Δt на соблюдение требования по нормируемому температурному перепаду для пола первого этажа, не более $\Delta t^{н} = 2$ °С.

11.3 Расчет сопротивлений теплопередаче участков стен и окон, расположенных за остекленными лоджиями и балконами

11.3.1 При остеклении лоджий и балконов образуется замкнутое пространство, температура которого формируется в результате воздействия ограждающих конструкций этого пространства, среды помещения здания и наружных условий. Температура внутри этого пространства определяется на основе решения уравнения теплового баланса остекленной лоджии или балкона (далее – лоджии)

$$(t_в - t_{бал})\sum_{i=1}^{n}\left(A^{+}_{i} / R^{пр+}_{о,i}\right) = (t_{бал} - t_н)\sum_{j=1}^{m}\left(A^{-}_{j} / R^{пр-}_{о,j}\right), \qquad (11.15)$$

где $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха помещения, °С;

$t_н$ – расчетная температура наружного воздуха, °С;

$t_{бал}$ – температура воздуха пространства остекленной лоджии, °С;

A^{+}_{i}, $R^{пр+}_{о,i}$ – соответственно площадь, м^2, и приведенное сопротивление теплопередаче, (м^2·°С)/Вт, i-го участка ограждения между помещением здания и лоджией;

n – число участков ограждений между помещением здания и лоджией;

A^{-}_{j}, $R^{пр-}_{о,j}$ – соответственно площадь, м^2, и приведенное сопротивление теплопередаче, (м^2·°С)/Вт, j-го участка ограждения между лоджией и наружным воздухом;

m – число участков ограждений между лоджией и наружным воздухом.

11.3.2 Температуру воздуха внутри остекленной лоджии $t_{бал}$, °С, следует рассчитывать по формуле

$$t_{\text{бал}} = \left[t_{\text{в}} \sum_{i=1}^{n} \left(A_i^{+} / R_{\text{o},i}^{\text{пр}+} \right) + t_{\text{н}} \sum_{j=1}^{m} \left(A_j^{-} / R_{\text{o},j}^{\text{пр}-} \right) \right] \Bigg/ \left[\sum_{i=1}^{n} \left(A_i^{+} / R_{\text{o},i}^{\text{пр}+} \right) + \sum_{j=1}^{m} \left(A_j^{-} / R_{\text{o},j}^{\text{пр}-} \right) \right]. \quad (11.16)$$

11.3.3 При определении нормируемых значений приведенных сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций остекленной лоджии $R_{\text{o,ст}}^{\text{тр}}$ и $R_{\text{o,ок}}^{\text{тр}}$, разделяющих внутреннюю и наружную среды, согласно пункту 5.2 СП 50.13330.2012 базовые значения требуемых сопротивлений теплопередаче стен и окон по таблице 3 СП 50.13330.2012 следует умножать на коэффициент n_t, рассчитанный по формуле (5.3) СП 50.13330.2012, которая в данном случае будет иметь вид:

$$n_t = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{бал}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}, \quad (11.17)$$

где n_t – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций здания по отношению к наружному воздуху; для наружных стен и окон остекленной лоджии;

$R_{\text{o,ст}}^{\text{пр}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены в пределах остекленной лоджии, (м^2·°С)/Вт;

$R_{\text{o,ок}}^{\text{пр}}$ – приведенное сопротивление теплопередаче заполнений оконных проемов и проемов лоджии, расположенных в наружной стене в пределах остекленной лоджии, (м^2·°С)/Вт.

11.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций

Приближенный расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций проводится в соответствии с методикой, изложенной в приложении Е СП 50.13330.2012. При этом, в качестве плоского элемента выступает стеклопакет в своей центральной (однородной) части, а в качестве линейных элементов принимаются узлы стыка стеклопакета с рамой, включая раму.

11.4.1 Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета принимается по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории. В случае отсутствия данных испытаний допускается принимать значения сопротивления теплопередаче центральной части стеклопакета по таблице 11.3.

11.4.2 Количество линейных элементов должно соответствовать числу различающихся по размерам (толщине или ширине) или составу участков рамы, окружающих стеклопакет. Например, для двухстворчатого оконного блока в наиболее простом случае можно выделить три линейных элемента: 1 – боковую и верхнюю границу, 2 – нижнюю границу, 3 – границу между створками.

Расчет удельных потерь теплоты через линейные элементы производится в соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012. При расчете потери теплоты, как через стык, так и через раму, относятся к линейному элементу. Принимается, что вся площадь оконного блока

заполнена однородным стеклопакетом. Потери через линейные элементы служат добавками к потерям через стеклопакет.

При расчете температурных полей для нахождения удельных потерь теплоты через линейные элементы следует учитывать внутреннюю структуру профиля и дистанционную рамку в стеклопакете. Стеклопакет заменяется панелью из стекол и эквивалентного материала на месте прослоек с сохранением размеров. Коэффициент теплопроводности эквивалентного материала находится из равенства сопротивления теплопередаче стеклопакета и вводимой в расчет панели. Коэффициент теплопроводности стекла принимается равным 1 Вт/(м·°С).

11.4.3 В случае расчета светопрозрачных конструкций для конкретного здания и наличия данных о способе их монтажа, допускается в расчетах температурных полей для линейных элементов учитывать детали заделки. В частности, допускается учитывать в расчетах нахлест утеплителя или внутренней отделки на раму.

В случае расчета светопрозрачных конструкций вне проекта здания (для изделия) расчет проводится для стандартного стыка со стеной без нахлестов на конструкцию и слоем ППУ, отделяющим стену от изделия толщиной не менее 20 мм.

Таблица 11.3 – **Сопротивления теплопередаче центральной части стеклопакета (оценочные)**

Вид стеклопакета	Сопротивление теплопередаче центральной части стеклопакета, $R_{о\,с.пак}$, (м^2·°С)/Вт		
Однокамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стеклами 12 мм	Расстояние между стеклами 16 мм	Расстояние между стеклами 20 мм
Из стекла без покрытий с заполнением воздухом	0,34	0,35	0,35
Из стекла без покрытий с заполнением аргоном	0,36	0,37	0,37
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,59	0,65	0,64
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,76	0,81	0,79
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением криптоном	0,86	0,84	0,82

Двухкамерные стеклопакеты			
	Расстояние между стеклами 10 мм и 10 мм	Расстояние между стеклами 14 мм и 14 мм	Расстояние между стеклами 18 мм и 18 мм
Из стекла без покрытий с заполнением воздухом	0,46	0,5	0,53
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,64	0,78	0,9
С одним стеклом с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	0,78	0,95	1,05
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением воздухом	0,82	1,06	1,27
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением аргоном	1,1	1,4	1,55
С двумя стеклами с низкоэмиссионным мягким покрытием с заполнением криптоном	1,73	1,71	1,67

Примечания

1 Не рекомендуется заменять в стеклопакетах воздух инертными газами без использования низкоэмиссионных покрытий, так как это мероприятие практически не дает эффекта.

2 Рекомендуется комбинировать стекла с низкоэмиссионным покрытием с заполнением межстекольного пространства инертными газами, так как в этом случае достигается максимальный эффект от каждого мероприятия.

3 Промежуточные значения расстояний между стеклами принимаются интерполяцией.

4 Данные в таблице приведены по расчету для средних за отопительный период температурных перепадов.

Приложение А

Коэффициенты излучения различных материалов

Таблица А.1

Материал	Коэффициент излучения, C, Вт/(м^2·К^4)
Алюминий полированный	0,23–0,34
Алюминий с шероховатой поверхностью	0,34–0,4
Алюминиевая фольга с зеркальной полированной поверхностью (класс обработки не менее 14)	0,3
Алюминиевая фольга в строительных конструкциях	0,5
Алюминий окисленный	0,63–1,09
Алюминиевая окраска	2,88
Алюминиевый лак на шероховатой пластине	2,25
Лак черный блестящий, распыленный на пластине	4,95
Лак белый	4,6
Лак черный матовый	5,52
Медь тщательно полированная электролитная	0,1
Медь полированная	0,13
Медь, окисленная при нагревании до 600 °С, покрытая толстым слоем окиси	4,49
Бумага белая	4,08
Бумага желтая	4,14
Бумага красная	4,37
Бумага зеленая	4,95
Бумага синяя	4,83
Гипсокартон	4,14
Эмалевая краска	5,18
Бетон с шероховатой поверхностью	3,61
Хризотилцемент шероховатый	5,52
Ель строганая	4,44
Дуб строганый	5,16
Кирпич глиняный обыкновенный шероховатый	5,1–5,3
Пенополистирол	4,9
Стекло оконное гладкое	5,41
Стекло матовое	5,52
Штукатурка известковая шероховатая	5,23
Плитка метлахская гладкая	4,69

Приложение Б

Коэффициенты общего пропускания солнечной энергии для стеклопакетов

Таблица Б.1

Остекление	*g*, отн. ед., в скобках *U*, Вт/(м^2·К)
4М$_1$-16Ar -4М$_1$	0,76–0,8 (2,6)
4М$_1$-16Ar-4М$_1$-16Ar-4М$_1$	0,68–0,72 (1,7)
6М$_1$-12Ar-4М$_1$-12Ar-4М$_1$	0,68 (1,8)
4К – стекло	0,73 (3,7)
4М$_1$-16Ar- К4	0,72 (1,5)
4К-16Ar-4М$_1$-16Ar-К4	0,58 (0,8)
4К-12Ar-4М$_1$-12Ar-К4	0,58 (1,0)
От 4 СК до 10 СК	0,58–0,64 (3,8)
6СК-16Ar-6М$_1$	0,55 (1,6)
6СК-16Ar-4М$_1$-12Ar-4М$_1$	0,51 (1,2)
4М$_1$-16Ar- И4	0,48; 0,53; 0,61; 0,64;0,74 (1; 1; 1,1; 1,1; 1,3)
4М$_1$-16Ar-И6	0,61 (1,2)
4И-16Ar-4М$_1$-16Ar-И4	0,36; 0,5; 0,6 (0,5; 0,6; 0,7)
4И-12Ar-4М$_1$-12Ar-И4	0,36; 0,5; 0,6 (0,7; 0,7; 0,8)
6И-16Ar-4М$_1$-16Ar-И6	0,58 (0,7)
6И-12Ar-4М$_1$-12Ar-И6	0,58 (0,8)
4СИ-16Ar-4М$_1$	0,45; 0,42 (1,0; 1,1)
6СИ-16Ar-4М$_1$	0,23–0,43 (1,1)
6СИ-16Ar-4М$_1$-12Ar-4М$_1$	0,21–0,39 (0,9)

Примечания

1 СИ – солнцезащитное и низкоэмиссионное И-стекло. СК – солнцезащитное и низкоэмиссионное К-стекло. Маркировка стеклопакетов в соответствии с ГОСТ 24866.

2 Дискретные и интервальные значения коэффициента *g* соответствуют выпускаемому ассортименту стеклопакетов и обусловлены различиями в теплотехнических характеристиках.

Приложение В

Коэффициенты $K_{ГВji}$ пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную

Таблица В.1

Градусы с.ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Южная ориентация												
37	1,97	1,37	0,85	0,46	0,24	0,16	0,19	0,34	0,65	1,14	1,71	2,13
38	2,00	1,40	0,88	0,47	0,26	0,17	0,20	0,35	0,67	1,16	1,73	2,23
40	2,15	1,50	0,92	0,51	0,28	0,19	0,23	0,39	0,71	1,20	1,85	2,40
42	2,25	1,60	1,00	0,54	0,30	0,22	0,26	0,43	0,75	1,30	2,05	2,60
44	2,50	1,70	1,03	0,60	0,33	0,24	0,28	0,47	0,80	1,45	2,20	2,80
46	2,85	1,85	1,08	0,63	0,36	0,28	0,32	0,51	0,86	1,50	2,40	3,10
48	3,20	2,00	1,20	0,68	0,40	0,30	0,35	0,54	0,93	1,60	2,60	3,60
50	3,50	2,20	1,30	0,73	0,44	0,34	0,38	0,60	1,00	1,75	2,90	4,10
52	4,0	2,35	1,40	0,78	0,48	0,37	0,41	0,64	1,08	1,85	3,20	4,70
54	4,50	2,55	1,50	0,84	0,52	0,40	0,44	0,68	1,17	2,00	3,70	5,40
56	5,15	2,80	1,55	0,90	0,55	0,44	0,48	0,74	1,26	2,20	4,20	6,10
58	6,00	3,10	1,75	0,97	0,60	0,48	0,52	0,78	1,33	2,40	4,80	7,20
60	7,20	3,50	1,85	1,03	0,64	0,50	0,56	0,83	1,44	2,60	5,50	
62		4,00	2,00	1,10	0,67	0,54	0,59	0,88	1,56	3,00	6,65	
64		4,90	2,30	1,19	0,71	0,57	0,61	0,94	1,68	3,40		
66		6,00	2,50	1,26	0,76	0,60	0,66	1,00	1,84	4,00		
68		7,30	2,85	1,35	0,82	0,62	0,69	1,04	2,02	4,50		
70			3,20	1,44	0,86	0,64	0,72	1,10	2,20	5,35		
72			3,55	1,55	0,92	0,66	0,73	1,16	2,40			
74			4,00	1,65	0,98	0,70	0,77	1,22	2,60			
76			4,65	1,74	1,04	0,71	0,79	1,33	2,74			
78			5,25	1,81	1,08	0,72	0,82	1,44	2,86			
Юго-восточная ориентация												
37	1,35	1,00	0,70	0,55	0,40	0,34	0,30	0,42	0,66	0,90	1,35	1,70
38	1,35	1,00	0,70	0,55	0,40	0,34	0,31	0,43	0,66	0,92	1,35	1,70
40	1,40	1,05	0,75	0,56	0,41	0,35	0,34	0,45	0,70	0,97	1,40	1,70
42	1,50	1,15	0,80	0,58	0,44	0,36	0,37	0,49	0,72	1,01	1,45	1,75
44	1,70	1,20	0,85	0,62	0,45	0,37	0,40	0,52	0,75	1,08	1,55	1,90
46	1,85	1,30	0,90	0,65	0,49	0,39	0,42	0,55	0,79	1,17	1,65	2,15
48	2,05	1,40	0,95	0,70	0,50	0,41	0,46	0,59	0,81	1,25	1,80	2,50
50	2,30	1,55	1,00	0,75	0,53	0,45	0,49	0,62	0,86	1,35	2,00	2,90
52	2,65	1,70	1,10	0,79	0,55	0,49	0,51	0,65	0,93	1,47	2,25	3,30
54	3,10	1,80	1,20	0,84	0,60	0,52	0,54	0,69	1,01	1,59	2,55	3,75
56	3,60	2,00	1,25	0,88	0,61	0,56	0,57	0,72	1,10	1,72	2,90	4,30
58	4,20	2,20	1,35	0,93	0,65	0,58	0,59	0,77	1,19	1,87	3,40	5,00
60	5,10	2,45	1,45	0,97	0,69	0,60	0,60	0,80	1,26	2,08	3,95	
62		2,80	1,60	1,02	0,71	0,62	0,62	0,84	1,35	2,34	4,75	
64		3,30	1,70	1,06	0,75	0,63	0,65	0,87	1,44	2,64		
66		4,00	1,85	1,12	0,78	0,64	0,67	0,91	1,55	3,00		
68		4,95	2,10	1,18	0,80	0,65	0,69	0,95	1,65	3,39		

Градусы с.ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
70			2,30	1,26	0,84	0,66	0,71	1,00	1,77	3,85		
72			2,60	1,35	0,87	0,69	0,72	1,04	1,90			
74			2,95	1,45	0,90	0,70	0,75	1,10	2,00			
76			3,45	1,58	0,94	0,70	0,77	1,15	2,12			
78			4,20	1,75	0,96	0,71	0,78	1,24	2,25			
Юго-западная ориентация												
37	1,50	1,05	0,75	0,47	0,30	0,30	0,35	0,45	0,60	0,79	1,10	1,45
38	1,50	1,05	0,80	0,50	0,35	0,31	0,35	0,46	0,64	0,81	1,15	1,50
40	1,60	1,10	0,80	0,53	0,40	0,33	0,36	0,49	0,65	0,90	1,30	1,63
42	1,70	1,20	0,81	0,55	0,40	0,36	0,39	0,50	0,70	0,99	1,50	1,75
44	1,80	1,30	0,90	0,59	0,45	0,38	0,40	0,52	0,75	1,07	1,60	1,90
46	2,05	1,40	0,92	0,62	0,47	0,40	0,41	0,55	0,78	1,15	1,75	2,15
48	2,35	1,60	1,03	0,65	0,47	0,41	0,43	0,59	0,83	1,23	1,90	2,55
50	2,50	1,70	1,10	0,69	0,50	0,42	0,45	0,61	0,84	1,30	2,10	2,95
52	2,85	1,85	1,20	0,72	0,50	0,46	0,49	0,63	0,95	1,40	2,30	3,40
54	3,30	2,00	1,25	0,77	0,55	0,48	0,50	0,68	1,00	1,52	2,65	3,95
56	3,80	2,20	1,30	0,81	0,58	0,50	0,53	0,72	1,05	1,65	3,00	4,45
58	4,50	2,45	1,40	0,86	0,60	0,52	0,56	0,77	1,13	1,79	3,35	5,35
60	5,20	2,80	1,50	0,90	0,63	0,54	0,58	0,81	1,20	1,95	3,80	
62		3,25	1,70	0,97	0,65	0,56	0,61	0,86	1,25	2,15	4,55	
64		3,90	1,90	1,04	0,68	0,60	0,65	0,90	1,39	2,45		
66		4,75	2,10	1,11	0,76	0,64	0,70	0,97	1,50	2,85		
68		5,60	2,30	1,21	0,82	0,67	0,73	1,02	1,65	3,33		
70			2,55	1,30	0,88	0,71	0,75	1,09	1,80	3,85		
72			2,80	1,42	0,90	0,73	0,78	1,16	1,95			
74			3,10	1,52	0,95	0,75	0,79	1,26	2,12			
76			3,40	1,62	0,97	0,76	0,80	1,37	2,30			
78			4,00	1,73	1,00	0,77	0,82	1,50	2,45			
Восточная ориентация[1]												
37	0,52	0,46	0,40	0,42	0,42	0,39	0,44	0,40	0,45	0,50	0,42	0,54
38	0,52	0,48	0,42	0,43	0,42	0,39	0,44	0,40	0,45	0,50	0,44	0,54
40	0,55	0,50	0,46	0,44	0,42	0,40	0,44	0,41	0,46	0,50	0,48	0,54
42	0,58	0,52	0,50	0,45	0,42	0,40	0,44	0,42	0,46	0,50	0,54	0,55
44	0,60	0,54	0,53	0,47	0,42	0,42	0,44	0,43	0,48	0,52	0,59	0,62
46	0,63	0,57	0,58	0,48	0,44	0,43	0,44	0,45	0,50	0,56	0,61	0,72
48	0,65	0,62	0,60	0,50	0,46	0,44	0,46	0,48	0,54	0,58	0,64	0,80
50	0,68	0,65	0,61	0,53	0,48	0,46	0,47	0,49	0,56	0,62	0,66	0,86
52	0,70	0,67	0,62	0,55	0,50	0,47	0,48	0,51	0,60	0,64	0,69	0,90
54	0,71	0,70	0,63	0,56	0,52	0,50	0,50	0,53	0,62	0,67	0,72	0,92
56	0,72	0,73	0,64	0,58	0,54	0,52	0,53	0,56	0,64	0,68	0,76	0,94
58	0,74	0,78	0,64	0,61	0,57	0,54	0,54	0,57	0,66	0,70	0,80	0,96
60	0,76	0,87	0,66	0,64	0,59	0,56	0,56	0,58	0,68	0,72	0,86	
62		0,96	0,70	0,66	0,60	0,58	0,57	0,60	0,72	0,78	0,91	
64		1,04	0,76	0,69	0,62	0,59	0,58	0,62	0,76	0,88		
66		1,14	0,84	0,72	0,64	0,60	0,59	0,64	0,80	1,00		
68		1,20	0,92	0,74	0,65	0,61	0,60	0,66	0,84	1,15		
70			1,00	0,78	0,66	0,62	0,60	0,70	0,88	1,32		
72			1,10	0,84	0,69	0,63	0,62	0,74	0,92	1,52		

Градусы с.ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
74			1,25	0,91	0,72	0,64	0,64	0,78	0,94	1,76		
76			1,44	1,02	0,76	0,65	0,66	0,82	0,96			
78			1,66	1,15	0,78	0,66	0,68	0,86	1,00			

[1] В период с ноября по март коэффициенты $K_{ГВУi}$ приведены для Западной Сибири и Средней Азии, а для Европейской территории России и Восточной Сибири за этот же период коэффициенты $K_{ГВУi}$ приведены в таблицах Е.3 и Е.4.

Таблица В.2

Градусы с.ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Дальний Восток (восточная ориентация)												
44	0,54	0,57	0,43	0,44	0,40	0,31	0,29	0,38	0,50	0,52	0,58	0,61
46	0,60	0,60	0,49	0,46	0,42	0,36	0,35	0,43	0,52	0,56	0,65	0,66
48	0,64	0,62	0,55	0,49	0,44	0,40	0,40	0,47	0,53	0,60	0,70	0,76
50	0,70	0,66	0,62	0,52	0,47	0,44	0,42	0,48	0,55	0,63	0,80	0,88
52	0,74	0,68	0,68	0,54	0,50	0,45	0,43	0,49	0,57	0,68	0,91	1,00
54	0,78	0,71	0,74	0,56	0,51	0,46	0,42	0,50	0,58	0,72	1,06	1,42
56	0,84	0,74	0,80	0,58	0,52	0,46	0,40	0,50	0,60	0,78	1,22	1,24
58	0,88	0,77	0,86	0,60	0,54	0,46	0,47	0,50	0,62	0,88	1,48	1,36
60	0,93	0,80	0,92	0,63	0,55	0,46	0,47	0,51	0,66	1,04		
Западная ориентация[1]												
37	0,54	0,50	0,46	0,36	0,34	0,34	0,40	0,40	0,42	0,38	0,42	0,54
38	0,54	0,50	0,47	0,38	0,34	0,34	0,40	0,40	0,42	0,40	0,44	0,54
40	0,56	0,51	0,48	0,40	0,35	0,34	0,40	0,42	0,43	0,42	0,48	0,54
42	0,58	0,52	0,50	0,42	0,36	0,35	0,40	0,42	0,44	0,46	0,54	0,55
44	0,60	0,52	0,53	0,43	0,38	0,36	0,40	0,42	0,45	0,48	0,59	0,62
46	0,64	0,57	0,58	0,44	0,39	0,37	0,42	0,42	0,46	0,52	0,61	0,72
48	0,70	0,62	0,60	0,46	0,40	0,38	0,42	0,42	0,48	0,55	0,64	0,80
50	0,75	0,69	0,61	0,47	0,42	0,40	0,43	0,44	0,50	0,58	0,66	0,86
52	0,80	0,77	0,62	0,48	0,43	0,42	0,44	0,46	0,53	0,60	0,69	0,90
54	0,86	0,86	0,63	0,50	0,45	0,44	0,45	0,48	0,56	0,64	0,72	0,92
56	0,94	0,98	0,64	0,52	0,46	0,46	0,47	0,52	0,58	0,68	0,76	0,94
58	1,06	1,08	0,64	0,54	0,48	0,47	0,48	0,54	0,60	0,70	0,80	0,96
60	1,19	1,18	0,66	0,56	0,50	0,49	0,52	0,56	0,62	0,74	0,86	
62		1,29	0,70	0,59	0,54	0,54	0,54	0,58	0,66	0,78	0,91	
64		1,40	0,76	0,64	0,58	0,56	0,56	0,62	0,72	0,86		
66		1,52	0,84	0,70	0,60	0,60	0,60	0,68	0,78	0,94		
68		1,62	0,92	0,78	0,66	0,64	0,64	0,72	0,84	1,08		
70			1,00	0,86	0,70	0,67	0,68	0,80	0,88	1,30		
72			1,10	0,92	0,76	0,71	0,72	0,88	0,92	1,66		
74			1,25	1,00	0,80	0,74	0,76	0,95	0,96			
76			1,44	1,09	0,80	0,76	0,77	1,02	1,00			
78			1,66	1,15	0,80	0,76	0,77	1,04	1,01			
Дальний Восток (западная ориентация)												
44	0,56	0,54	0,49	0,44	0,40	0,49	0,49	0,46	0,50	0,55	0,56	0,62
46	0,63	0,60	0,53	0,46	0,42	0,48	0,48	0,50	0,52	0,56	0,58	0,64
48	0,69	0,66	0,57	0,49	0,44	0,48	0,48	0,53	0,53	0,56	0,59	0,68
50	0,75	0,71	0,62	0,52	0,47	0,48	0,48	0,55	0,55	0,57	0,60	0,74

Градусы с.ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
52	0,81	0,77	0,66	0,54	0,50	0,48	0,48	0,56	0,57	0,58	0,62	0,80
54	0,87	0,83	0,70	0,56	0,51	0,48	0,48	0,57	0,58	0,59	0,66	0,86
56	0,94	0,89	0,74	0,58	0,52	0,48	0,49	0,58	0,60	0,60	0,70	0,92
58	1,00	0,95	0,78	0,60	0,54	0,48	0,50	0,59	0,62	0,60	0,75	1,00
60	1,06	1,04	0,82	0,63	0,55	0,48	0,52	0,60	0,66	0,61		
Северо-восточная ориентация[2]												
37	0,04	0,06	0,12	0,19	0,22	0,26	0,23	0,21	0,16	0,11	0,07	0,03
38	0,04	0,06	0,12	0,19	0,22	0,26	0,23	0,21	0,16	0,11	0,07	0,03
40	0,03	0,06	0,12	0,19	0,22	0,26	0,24	0,21	0,16	0,10	0,06	0,02
42	0,02	0,06	0,12	0,19	0,23	0,26	0,24	0,21	0,16	0,10	0,05	0,01
44	0,02	0,06	0,12	0,20	0,23	0,27	0,25	0,21	0,16	0,09	0,04	0,01
46	0,02	0,06	0,13	0,20	0,24	0,27	0,25	0,22	0,16	0,09	0,04	0,01
48	0,01	0,06	0,13	0,20	0,25	0,28	0,26	0,22	0,16	0,09	0,03	0,01
50	0,01	0,06	0,13	0,20	0,26	0,28	0,27	0,23	0,16	0,09	0,03	0,01
52	0,01	0,06	0,13	0,21	0,27	0,29	0,28	0,24	0,16	0,09	0,02	0,01
54	0,01	0,06	0,14	0,21	0,28	0,30	0,29	0,25	0,16	0,09	0,02	0,01
56	0,01	0,05	0,14	0,22	0,29	0,31	0,30	0,25	0,17	0,09	0,02	
58		0,05	0,14	0,23	0,31	0,32	0,31	0,26	0,18	0,09	0,02	
60		0,04	0,14	0,24	0,32	0,33	0,32	0,27	0,18	0,09	0,02	
62		0,04	0,15	0,25	0,34	0,35	0,33	0,28	0,19	0,09		
64		0,03	0,15	0,26	0,36	0,37	0,35	0,29	0,20	0,09		
66		0,03	0,16	0,27	0,38	0,39	0,37	0,30	0,21	0,09		
68		0,03	0,17	0,29	0,40	0,42	0,41	0,32	0,23	0,09		
70			0,18	0,31	0,42	0,46	0,46	0,35	0,25	0,10		
72			0,19	0,34	0,44	0,50	0,52	0,38	0,27	0,10		
74			0,20	0,38	0,46	0,55	0,57	0,42	0,29			
76			0,22	0,44	0,48	0,60	0,62	0,45				
78			0,23	0,48	0,50	0,65	0,67	0,48				
Северо-западная ориентация[3]												
37	0,06	0,06	0,12	0,17	0,20	0,22	0,25	0,20	0,14	0,07	0,05	0,03
38	0,05	0,06	0,12	0,17	0,20	0,22	0,25	0,20	0,14	0,07	0,05	0,02
40	0,04	0,06	0,12	0,17	0,21	0,23	0,25	0,20	0,15	0,08	0,04	0,02
42	0,03	0,06	0,13	0,18	0,21	0,23	0,25	0,20	0,15	0,08	0,04	0,01
44	0,02	0,06	0,13	0,18	0,22	0,24	0,25	0,21	0,15	0,08	0,04	0,01
46	0,02	0,06	0,13	0,18	0,22	0,25	0,25	0,21	0,15	0,08	0,04	0,01
48	0,02	0,06	0,14	0,19	0,23	0,25	0,25	0,21	0,16	0,08	0,03	0,01
50	0,02	0,06	0,14	0,19	0,23	0,26	0,25	0,21	0,16	0,08	0,03	0,01
52	0,02	0,06	0,15	0,19	0,23	0,26	0,25	0,22	0,16	0,08	0,03	0,01
54	0,02	0,06	0,15	0,20	0,24	0,27	0,25	0,22	0,16	0,08	0,02	0,01
56	0,02	0,06	0,16	0,20	0,25	0,28	0,26	0,23	0,16	0,08	0,02	
58	0,02	0,06	0,16	0,21	0,26	0,29	0,27	0,24	0,16	0,08	0,01	
60		0,05	0,17	0,22	0,27	0,31	0,29	0,26	0,17	0,07	0,01	
62		0,05	0,17	0,23	0,29	0,33	0,32	0,27	0,18	0,07		
64		0,05	0,18	0,25	0,31	0,37	0,35	0,29	0,19	0,07		
66		0,05	0,19	0,27	0,35	0,42	0,39	0,32	0,20	0,07		
68		0,05	0,20	0,30	0,39	0,47	0,44	0,35	0,22	0,07		
70			0,21	0,33	0,44	0,52	0,49	0,39	0,24	0,07		
72			0,23	0,37	0,49	0,57	0,55	0,43	0,27	0,07		

Градусы с.ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
74			0,24	0,43	0,54	0,62	0,61	0,48	0,29			
76			0,26	0,52	0,60	0,67	0,66	0,52				
78			0,28	0,63	0,66	0,71	0,70	0,57				
Северная ориентация												
37				0,01	0,04	0,08	0,06	0,02				
38				0,01	0,04	0,08	0,06	0,02				
40				0,01	0,04	0,08	0,06	0,02				
42				0,01	0,04	0,08	0,06	0,02				
44				0,02	0,05	0,08	0,07	0,02				
46				0,02	0,05	0,09	0,07	0,02				
48				0,02	0,05	0,09	0,08	0,03				
50				0,02	0,06	0,10	0,08	0,03				
52				0,02	0,06	0,11	0,09	0,03				
54				0,02	0,07	0,12	0,09	0,04				
56				0,02	0,08	0,12	0,10	0,04				
58				0,02	0,09	0,13	0,11	0,05				
60				0,02	0,09	0,14	0,12	0,06				
62				0,03	0,11	0,18	0,14	0,07				
64				0,03	0,14	0,23	0,18	0,08				
66				0,04	0,17	0,28	0,22	0,09				
68				0,06	0,20	0,34	0,28	0,11				
70				0,07	0,24	0,40	0,35	0,15				
72				0,09	0,30	0,47	0,41	0,19				
74				0,13	0,38	0,54	0,47	0,23				
76				0,22	0,48	0,58	0,53	0,27				
78				0,30	0,55	0,61	0,57	0,29				

[1] В период с ноября по март коэффициенты $K_{ГВ}{}_{ji}$ приведены для Западной Сибири и Средней Азии, а для Европейской территории России и Восточной Сибири за этот же период коэффициенты $K_{ГВ}{}_{ji}$ приведены в таблицах В.3 и В.4.

[2] Для района Дальнего Востока коэффициенты $K_{ГВ}{}_{ji}$ с июня по август приведены в таблице В.5.

[3] Для южных районов Дальнего Востока коэффициенты $K_{ГВ}{}_{ji}$ с июня по июль приведены в таблице В.5.

Таблица В.3

Градусы с.ш.	Восточная ориентация					Градусы с.ш.	Западная ориентация				
	Месяцы						Месяцы				
	I	II	III	XI	XII		I	II	III	XI	XII
Европейская территория России											
42	0,46	0,40	0,38	0,51	0,46	42	0,56	0,54	0,48	0,51	0,46
44	0,52	0,44	0,42	0,54	0,50	44	0,62	0,56	0,52	0,54	0,54
46	0,57	0,47	0,44	0,56	0,56	46	0,69	0,60	0,56	0,56	0,64
48	0,62	0,51	0,48	0,59	0,64	48	0,76	0,64	0,59	0,59	0,75
50	0,68	0,54	0,52	0,64	0,72	50	0,83	0,66	0,62	0,64	0,85
52	0,74	0,58	0,56	0,69	0,83	52	0,88	0,70	0,66	0,69	0,93
54	0,79	0,62	0,60	0,76	0,92	54	0,92	0,76	0,70	0,76	0,96
56	0,84	0,66	0,64	0,83	0,90	56	0,94	0,84	0,72	0,83	0,94
58	0,90	0,70	0,66	0,92	0,90	58	0,96	0,94	0,76	0,92	0,94
60	0,96	0,74	0,66	1,03		60	1,00	1,06	0,81	1,03	
62		0,78	0,66			62		1,20	0,88		
64		0,84	0,66			64		1,38	1,00		
66			0,66			66			1,06		

Таблица В.4

Градусы с.ш.	Восточная ориентация					Градусы с.ш.	Западная ориентация				
	Месяцы						Месяцы				
	I	II	III	XI	XII		I	II	III	XI	XII
Восточная Сибирь											
52	0,54	0,53	0,53	0,48	0,41	52	0,72	0,56	0,53	0,70	0,71
54	0,58	0,54	0,54	0,53	0,50	54	0,79	0,62	0,54	0,74	0,74
56	0,62	0,58	0,56	0,58	0,58	56	0,87	0,68	0,56	0,78	0,78
58	0,66	0,60	0,58	0,64	0,66	58	0,97	0,74	0,58	0,82	0,82
60	0,74	0,63	0,63	0,68		60	1,12	0,82	0,63	0,87	
62		0,70	0,70	0,70		62		0,94	0,70	0,90	
64		0,72	0,80			64		1,08	0,80		
66		0,96	0,89			66		1,26	0,89		
68		1,14	0,97			68		1,54	0,97		
70			1,05			70			1,05		
72			1,16			72			1,16		

Таблица В.5

Градусы с.ш.	Северо-восточная ориентация			Градусы с.ш.	Северо-западная ориентация	
	Месяцы				Месяцы	
	VI	VII	VIII		VI	VII
Дальний Восток						
42	0,18	0,19	0,17	42	0,36	0,30
44	0,18	0,19	0,17	44	0,36	0,30
46	0,18	0,18	0,18	46	0,29	0,30
48	0,18	0,18	0,18			
50	0,19	0,19	0,19			
52	0,19	0,19	0,20			
54	0,21	0,20	0,21			
56	0,23	0,21	0,21			
58	0,25	0,22	0,22			
60	0,28	0,23	0,23			

Приложение Г

Методика расчета срока окупаемости мероприятий по утеплению ограждающей конструкции

Г.1 Расчет с дисконтированием промежуточных доходов

Если промежуточные доходы, образовавшиеся вследствие снижения годовых эксплуатационных издержек в результате применения ограждений с повышенной теплозащитой, участвуют в обороте денежных средств (тратятся на зарплату, погашение кредитов и т. д.), *величина суммарных дисконтированных затрат*, СДЗ, руб., приведенная к концу расчетного срока Т, лет, для каждого варианта ограждающей конструкции рассчитывается по формуле

$$СДЗ = ΣК \cdot (1 + p/100)^T + Э \cdot \left[(1 + p/100)^T - 1\right] \cdot (100/p), \qquad (Г.1)$$

где $ΣК = C_{ти} V_{ти}$ – суммарные капитальные затраты на дополнительное утепление ограждений, руб.;

$C_{ти}$ – стоимость теплоизоляционного материала в деле, руб./м^3;

$V_{ти}$ – общий объем теплоизоляции в ограждающих конструкциях, м^3;

Э – суммарные годовые эксплуатационные издержки, руб./год, в ценах на момент начала эксплуатации здания;

p – норма дисконта, %, принимаемая в размере не менее действующей ключевой ставки Центрального банка Российской Федерации.

Для окончательно принимаемого варианта ограждающей конструкции значение СДЗ должно быть наименьшим.

Если известно, что значения суммарных годовых эксплуатационных издержек Э для разных лет в течение предполагаемого срока эксплуатации здания, выраженные в ценах на момент начала эксплуатации здания, могут не совпадать, для расчета СДЗ следует использовать формулу

$$СДЗ = ΣК \cdot (1 + p/100)^T + \sum_{i=1}^{T} Э_i \cdot (1 + p/100)^i, \qquad (Г.2)$$

где $Э_i$ – величина Э для i-го года с момента начала эксплуатации здания.

Максимальный дисконтированный срок окупаемости T_{max} мероприятий по утеплению устанавливается по согласованию с заказчиком, но не более 10 лет. Фактический дисконтированный срок окупаемости рассчитывается по формуле

$$T_{ок} = \frac{-\ln\left(1 - pT_0/100\right)}{\ln\left(1 + p/100\right)}, \qquad (Г.3)$$

где T_0 – бездисконтный срок окупаемости, лет, рассчитываемый по формуле

$$T_0 = ΣК/ΔЭ, \qquad (Г.4)$$

где ΔЭ – снижение годовых эксплуатационных расходов Э на тепловую энергию за счет энергосбережения, руб./год, рассчитываемое по формуле

$$\Delta Э = \left| Э_{I} - Э_{II} \right|, \qquad (Г.5)$$

где $Э_{I,II} = 0{,}86 \cdot С_{тепл} \cdot Q^{г}_{тпI,II}$.

Здесь 0,86 = 3,6/4,19 – коэффициент пересчета из МВт·ч в Гкал; $С_{тепл}$ – действующий тариф на тепловую энергию, руб./Гкал; I и II – индексы, обозначающие значения Э и $Q^{г}_{тп}$, которые определены по I и II вариантам устройства здания по результатам оценки удельной теплозащитной характеристики. В варианте I дополнительное повышение теплозащиты не предусматривается; вариант II предусматривает наличие такого повышения.

$Q^{г}_{тп}$ – годовые теплопотери через ограждения здания, МВт·ч/год; вычисляются для каждого варианта по формуле

$$Q^{г}_{тп} = 24 k_{об} V_{от} ГСОП \cdot 10^{-6}, \qquad (Г.6)$$

где $V_{от}$ – отапливаемый объем здания, м^3;

ГСОП – значение градусо-суток отопительного периода для района строительства, °С·сут/год, определяемое по формуле (5.2) СП 50.13330.2012;

$k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, определяемая в соответствии с разделом 5.8, Вт/(м^3·°С);

24 – количество часов в сутках.

Решение считается экономически обоснованным при выполнении условия $T_{ок} \le T_{max}$. Для получения наглядной иллюстрации результатов технико-экономического обоснования рекомендуется построить графики СДЗ в зависимости от T для сравниваемых вариантов. В этом случае значение T в точке пересечения графиков (при ее наличии) дает приближенную величину $T_{ок}$.

Г.2 Расчет с наращением (капитализацией) промежуточных доходов

Если промежуточные доходы, образовавшиеся вследствие снижения годовых эксплуатационных издержек в результате повышения теплозащиты ограждений, капитализируются, т.е. соответствующие суммы размещаются на банковском депозите под процент, значения СДЗ целесообразнее приводить к моменту ввода здания в эксплуатацию. Тогда величина СДЗ для каждого варианта рассчитывается по формуле

$$СДЗ = \Sigma К + Э \cdot \left[(1 + p/100)^{T} - 1 \right] \cdot (100/p), \qquad (Г.7)$$

где ΣК, Э и p – то же, что и в формуле (Г.1).

Если известно, что значения Э для разных лет в течение предполагаемого срока эксплуатации здания, выраженные в ценах на момент начала эксплуатации здания, могут не совпадать, то для расчета СДЗ следует использовать формулу

$$СДЗ = \Sigma К + \sum_{i=1}^{T} Э_{i} \cdot (1 + p/100)^{i}, \qquad (Г.8)$$

где $Э_i$ – то же, что и в формуле (Г.2).

Фактический дисконтированный срок окупаемости в этом случае вычисляется по формуле

$$T_{ок} = \frac{\ln(1 + T_0 p/100)}{\ln(1 + p/100)}. \quad (Г.9)$$

Дальнейшие расчеты проводятся аналогично Г.1. Величина $T_{ок}$ при капитализации промежуточных доходов всегда меньше, чем при дисконтировании, поэтому область технико-экономической целесообразности реализации энергосберегающих мероприятий в этом случае расширяется.

gost.e-ecolog.ru