Министерство регионального развития
Российской Федерации

ПРОЕКТ СВОДА ПРАВИЛ

ПРАВИЛА РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ

Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций

Москва 2013

экспертиза-сертификация.

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

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор НИИСФ
_____ И.Л. Шубин
«___» _____ 2013 г.

II этап работ по разработке проекта свода правил (СП)
«Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче. Таблицы теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций».

по договору № 12060(2012) от 16.07.2012 г.
с Национальным объединением строителей

Зав. лабораторией
строительной теплофизики
доктор технических наук, профессор В.Г. Гагарин

Ответственный исполнитель,
ведущий научный сотрудник
кандидат технических наук В.В. Козлов

Москва - 2013 г.

Содержание

Введение

1 Область применения

2 Нормативные ссылки

3 Термины и определения

4 Общие положения

5 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции

6 Расчет удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающей конструкции

7 Алгоритм расчета приведенного сопротивления теплопередаче.

Приложение А Перечень нормативных документов

Приложение Б Термины и определения

Приложение В Типовая разбивка на теплозащитные элементы основных видов стен

Приложение Г Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче стены жилого дома

Приложение Д Пример подбора теплозащитных элементов стены для достижения целевого сопротивления теплопередаче

Приложение Е Таблицы расчетных значений удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающих конструкций

Примыкание плит перекрытия

Примыкание оконных блоков

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий свод правил составлен в развитие раздела 5 и приложения К СП50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», с целью повышения уровня проектирования тепловой защиты зданий, упрощения и упорядочивания работы специалистов, проектирующих тепловой контур здания. Основную часть свода правил составляют таблицы с расчетными характеристиками различных узлов конструкций, позволяющие частично или полностью исключить расчеты температурных полей в процессе проектирования или экспертной оценки конструкций.

Метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче разработан НИИСФ РААСН: доктор технических наук В.Г.Гагарин, кандидаты технических наук В.В.Козлов.

ОАО «ЦНИИПромзданий»: заместитель генерального директора к.т.н. С.М. Гликин, руководитель отдела к.т.н. А.М. Воронин; Представлены варианты конструктивных решений узлов многослойных конструкций стен, получивших широкое применение в практике строительства.

СВОД ПРАВИЛ

ПРАВИЛА РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ. ТАБЛИЦЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ALGORITHMS OF CALCULATION OF THE REDUCED TOTAL THERMAL RESISTANCE. TABLES OF THERMOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF TYPICAL ELEMENTS OF ENCLOSURE

Дата введения 2013- -

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий свод правил распространяется на расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагментов ограждающих конструкций зданий, удельных потерь теплоты через теплозащитные элементы и коэффициента теплотехнической однородности, для строящихся или реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий, в которых необходимо поддерживать определенный температурно-влажностный режим.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем своде правил использованы ссылки на нормативные документы, приведенные в приложении А.

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем своде правил применены термины по СП50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», а также другие термины, определения которых даны в приложении Б.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 В соответствии с настоящими правилами выполняются и оформляются: расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и их фрагментов, коэффициента теплотехнической однородности и удельных потерь теплоты через теплозащитные элементы.

4.2 Условия эксплуатации ограждающих конструкций, для выбора теплотехнических показателей материалов принимаются по СП 50.13330.2012.

Внутренние и наружные температуры принимаются либо по проектному заданию, либо внутренняя температура - по ГОСТ 30494, наружная температура – по СП 131.13330.2011.

4.3 Требования к приведенному сопротивлению теплопередачи и минимальной температуре внутренней поверхности ограждающих конструкций здания принимаются по СП 50.13330.2012.

5 РАСЧЕТ ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ФРАГМЕНТА ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗДАНИЯ ИЛИ ВЫДЕЛЕННОЙ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

5.1 Расчет основан на представлении фрагмента теплозащитной оболочки здания в виде набора независимых элементов, каждый из которых влияет на тепловые потери через фрагмент (далее теплозащитных элементов).

В качестве теплозащитных элементов выбираются отдельные участки конструкции, детали (в основном прорезающие утеплитель), стыки между различными конструкциями. Одна и та же конструкция может быть разбита на элементы различными способами. В Приложении В приведены типовые разбивки на теплозащитные элементы основных видов стен.

При разбивке на элементы необходимо соблюдать следующие правила:

а) совокупность выделенных элементов должна быть достаточна, для составления рассматриваемой конструкции, т.е. содержать все узлы конструкции;

б) при составлении конструкции элементы не пересекаются;

в) элементы влияют на тепловые потери через конструкцию.

5.2 Расчет удельных потерь теплоты через элементы ограждающей конструкции должен содержать следующие части:

а) Схему или чертеж, позволяющие понять состав и устройство элемента.

б) Температурное поле узла содержащего элемент.

в) Принятые в расчете температурного поля температуры наружного и внутреннего воздуха, а также геометрические размеры узла конструкции, включенного в расчетную область.

г) Минимальную температуру на внутренней поверхности конструкции и поток теплоты через узел, полученные в результате расчетов.

д) Удельные потери теплоты через элемент, посчитанные по формулам (Е.8), (Е.9) или (Е.11), (Е.12) СП 50.13330.2012.

5.3 Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания $R_o^{пр}$, м^2 °С/Вт, следует определять по формуле (5.1). Оформлять расчет приведенного сопротивления теплопередаче следует в соответствии с п.п. Е.6 СП 50.13330.2012.

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{усл}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} \qquad (5.1)$$

где l_j, n_k – геометрические характеристики элементов, определяемые для конкретного проекта, описание и правила нахождения даны в Разделе 6;

Ψ_j, χ_k – удельные потери теплоты через элементы, описание и правила нахождения даны в Разделе 6;

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

U_i – коэффициент теплопередачи однородной i-той части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент i – го вида), Вт/(м^2·°С).

$$U_i = \frac{1}{R_{o,i}^{усл}} \qquad (5.2)$$

a_i – площадь плоского элемента конструкции i – го вида, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м^2/м^2;

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \qquad (5.3)$$

где A_i – площадь i-той части фрагмента, м^2;

5.4 Осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания определяется по формуле

$$R_o^{усл} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{усл}}} = \frac{1}{\sum a_i U_i} \quad (5.4)$$

где $R_{o,i}^{усл}$ - условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания i-го вида, м^2 °С/Вт, которое определяется либо экспериментально либо расчетом по формуле

$$R_{o,i}^{усл} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_н} \quad (5.5)$$

где $\alpha_в$, $\alpha_н$ - коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции соответственно, Вт/(м^2·°С), принимаемый принимаются по таблице 4 СП 50.13330.2012;

R_s - термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, (м^2·°С)/Вт, определяемое для невентилируемых воздушных прослоек по таблице 1, для материальных слоев по формуле

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (5.6)$$

δ_s - толщина слоя, м;

λ_s - теплопроводность материала слоя, Вт/(м °С), принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных она оценивается по приложению С СП 50.13330.2012.

Таблица 1

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м^2 · °С/Вт			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2 - 0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Примечание - При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.

5.5 Коэффициент теплотехнической однородности, r, вспомогательная величина, характеризующая эффективность утепления конструкции, определяется по формуле

$$r = \frac{R_o^{пр}}{R_o^{усл}} \quad (5.7)$$

[СП 50.13330.2012 Приложение Е пункты Е.1, Е.2, Таблица Е.1]

6 РАСЧЕТ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ НЕОДНОРОДНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

6.1 Удельные потери теплоты, обусловленные каждым элементом, находятся на основе сравнения потока теплоты через узел, содержащий элемент, и через тот же узел, но без исследуемого элемента.

Как правило, узел без исследуемого элемента – это однородная конструкция (плоский элемент). На практике не редки случаи, когда узел без исследуемого элемента состоит из нескольких элементов и необязательно плоских. В этом случае, при расчете приведенного сопротивления теплопередаче важно соблюдать следующее правило: элементы конструкции, составлявшие базу при расчете удельных потерь теплоты, должны присутствовать в исследуемой конструкции и их удельные тепловые потери должны быть в полной мере учтены.

6.2 Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность определяются по результатам расчета двухмерного температурного поля узла конструкций при температуре внутреннего воздуха $t_в$ и температуре наружного воздуха $t_н$.

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_в - t_н}, \tag{6.1}$$

где ΔQ_j^L – дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j-го вида, приходящиеся на 1 п.м , Вт/м, определяемые по формуле

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2} \tag{6.2}$$

где Q_j^L –потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью j-го вида, приходящиеся на 1 п.м стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт/м;

$Q_{j,1}$, $Q_{j,2}$ – потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью j-го вида, Вт/м, определяемые по формулам:

$$Q_{j,1} = \frac{t_в - t_н}{R_{o,j,1} \cdot 1м} \cdot S_{j,1} \qquad Q_{j,2} = \frac{t_в - t_н}{R_{o,j,2} \cdot 1м} \cdot S_{j,2} \tag{6.3}$$

где $S_{j,1}$, $S_{j,2}$– площади однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля, м^2.

При этом величина $S_{j,1} + S_{j,2}$ равна площади расчетной области при расчете температурного поля.

Ψ_j – удельные линейные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j-го вида, Вт/(м°С).

6.3 Удельная геометрическая характеристика линейного теплозащитного элемента, l_j, м/м^2, есть отношение суммарной протяженности j-го элемента в исследуемой конструкции, L_j, м, к общей площади конструкции A, м^2.

6.4 Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность k-го вида определяются по результатам расчета трехмерного температурного поля участка конструкции, содержащего точечную теплотехническую неоднородность, по формуле

$$\chi_k = \frac{\Delta Q_k^K}{t_в - t_н}, \tag{6.4}$$

где ΔQ_k^K – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность k-го вида, Вт, определяемые по формуле

$$\Delta Q_k^K = Q_k - \widetilde{Q}_k, \tag{6.5}$$

где Q_k – потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность k-го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

$\widetilde{Q}_k$ - потери теплоты через тот же узел, не содержащий точечную теплотехническую неоднородность k-го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт.

6.5 Удельная геометрическая характеристика точечного теплозащитного элемента, n_k, 1/м^2, есть отношение суммарного количества k-ых элементов в исследуемой конструкции, N_k, м, к общей площади конструкции A, м^2.

6.6 Результатом расчета температурного поля узла конструкции является распределение температур в сечении узла, в том числе по внутренней и наружной поверхностям.

Поток теплоты через внутреннюю поверхность узла определяется по формуле

$$Q_в = \alpha_в \cdot S_в \cdot (t_в - \tau_в^{ср}) \quad (6.6)$$

Поток теплоты через наружную поверхность узла определяется по формуле

$$Q_н = \alpha_н \cdot S_н \cdot (t_н - \tau_н^{ср}), \quad (6.7)$$

$t_в$, $t_н$ расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха соответственно, °С;

$\tau_в^{ср}$, $\tau_н^{ср}$ - осредненные по площади температуры внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции соответственно, °С;

$\alpha_в$, $\alpha_н$ - коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей узла конструкции соответственно, Вт/(м^2°С);

$S_в$, $S_н$ - площади внутренней и наружной поверхностей узла ограждающей конструкции, м^2.

[СП 50.13330.2012 Приложение Е пункты Е.3, Е.4]

7 АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ

Рассматривается два основных случая расчета приведенного сопротивления теплопередаче.

а) Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.
б) Подбор элементов проектируемой конструкции, для достижения целевого сопротивления теплопередаче.

7.1 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции проводится в следующей последовательности:

1. По приложению В выбирается типовая разбивка на элементы, которая корректируется с учетом особенностей ограждающей конструкции.
2. Для каждого элемента находится удельный геометрический показатель.
3. Для каждого элемента находятся удельные потери теплоты, либо по расчетам температурных полей, либо по справочным материалам[1].
4. Составляется Таблица Е.1 из приложения Е СП 50.13330.2012.
5. Рассчитывается приведенное сопротивление теплопередаче по формуле (5.1).

7.2 В связи с встречающейся взаимозависимостью теплозащитных элементов, когда изменение одного элемента может вести к изменению свойств другого, подбор элементов конструкции для достижения целевого сопротивления теплопередаче в общем случае проводится итерациями.

Подбор элементов проектируемой конструкции, для достижения целевого сопротивления теплопередаче, проводится в следующей последовательности:

1. Определяется целевое сопротивление теплопередаче стены здания. Оно должно быть не ниже требуемого СП 50.13330.2012.
2. Выбирается вид стен.

[1] Такими справочными материалами могут служить таблицы в Приложении Е, данные технических свидетельств или альбомов типовых чертежей, другие официальные результаты расчетов.

3. По приложению В выбирается типовая разбивка на элементы, которая корректируется с учетом особенностей ограждающей конструкции.
4. Для каждого элемента находится удельный геометрический показатель.
5. Для каждого элемента определяется источник получения характеристик: расчет температурного поля или справочные материалы (см. сноску к п.п. 7.1).
6. Для плоских элементов выбирается толщина утеплителя. Для этого целевое сопротивление теплопередаче стены умножают на 1,5 и подбирают конструкцию стены со значением $R_{o1}^{усл} = 1{,}5 \cdot R_{ц}$

Примечание - В случае, если про конструкцию стены известно, что она отличается высокой однородностью, можно значение коэффициента 1,5 заменить на значение 1,3. Наоборот, если про конструкцию стены известно, что она отличается низкой однородностью можно значение коэффициента 1,5 заменить на значение 1,8.

7. Для выбранной толщины утеплителя определяются удельные потери теплоты всех элементов конструкции стены.
8. По Таблице Е.1 из приложения Е СП 50.13330.2012 и формуле (5.1) проводится расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены.
9. По результатам расчета проводится оценка достижения целевого сопротивления теплопередаче и, при необходимости, корректируется конструктивное решение стены. Оно может заключаться, как в изменении толщины или типа утеплителя, так и в замене наиболее значимых теплозащитных элементов.

Примечание – Как правило, целевое сопротивление может считаться достигнутым, если полученное расчетом приведенное сопротивление теплопередаче не меньше целевого сопротивления теплопередаче и отличается от него не более чем:

на 10% для $R_o^{усл} < 3{,}5$ (м^2·°С)/Вт,

на 7% для $3{,}5 \le R_o^{усл} < 5$ (м^2·°С)/Вт,

на 5% для $5 \le R_o^{усл}$ (м^2·°С)/Вт.

10. В случае изменения некоторых элементов конструкции стены (особенно толщины утеплителя) оценивается необходимость корректировки теплозащитных характеристик остальных элементов. При необходимости пересчитываются характеристики элементов.
11. Проводится окончательный расчет приведенного сопротивления теплопередаче. Для этого оформляется Таблица Е.1 из приложения Е СП 50.13330.2012 и используется формула (5.1).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

СП 131.13330.2011 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»

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

ГОСТ Р 53786-2010 Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Термины и определения

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1 Целевое сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции R_o^{tr}, м2 оС/Вт The targeted total resistance to a heat transfer of a fragment of an enclosuring	Приведенное сопротивление теплопередаче выбранное в качестве цели при проектировании конструкции.
2 Удельный геометрический показатель теплозащитного элемента **Specific geometrical indicator of heat protection element**	Средняя площадь, протяженность или количество теплозащитных элементов данного вида, приходящееся на 1 квадратный метр ограждающей конструкции.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ТИПОВАЯ РАЗБИВКА НА ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.1 Наибольший объем тепловых потерь через ограждающие конструкции приходится на стены. Кроме того, по конструктивным соображениям стены – наиболее неоднородны (изрезанны). Для энергоэффективного строительства правильный учет тепловых потерь через стены является первейшей задачей.

В.2 Наиболее распространенные можно отнести следующие виды стеновых конструкций:

- железобетонные трехслойные панели;
- кладки из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней;
- трехслойные стены с эффективным утеплителем и облицовкой из кирпичной кладки;
- системы фасадные теплоизоляционные, композиционные с наружными штукатурными слоями (далее СФТК в соответствии с ГОСТ Р 53786-2010);
- системы наружной теплоизоляции с вентилируемой воздушной прослойкой;
- тонкостенные панели (в том числе сэндвич-панели);
- витражное и модульное остекление.

В.3 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче начинается с разделения ограждающей конструкции на теплозащитные элементы.

Для каждого из перечисленных видов стеновых конструкций, приводится типовой набор элементов. В приложении Е даны таблицы с удельными потерями теплоты для типовых элементов стеновых конструкций.

В.3.1 Железобетонные трехслойные панели

1) гибкие связи или шпонки;
2) стыки панелей;
3) стыки с плитами перекрытий или балконными плитами;
4) стыки с оконными блоками;
5) примыкание к фундаменту;
6) примыкание к покрытию;
7) стык с другими видами стеновых конструкций.

Примечание - Железобетонные панели имеют свои конструктивные особенности для каждого завода изготовителя. Полноценно обобщить их свойства пока не представляется возможным, поэтому удельные теплозащитные характеристики должны находиться параллельно с разработкой панелей и включаться в документацию на панель.

В.3.2 Кладки из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней

1) швы кладки, включая армирование;
2) стыки с плитами перекрытий или балконными плитами; (Таблицы Е.1 – Е.5)
3) стыки с оконными блоками; (Таблицы Е.18 – Е.20)
4) примыкание к фундаменту;
5) примыкание к покрытию;
6) стык с другими видами стеновых конструкций.

Примечание - Расчетный коэффициент теплопроводности материала обычно приводится для кладки с учетом швов. В этом случае учитывать среди теплозащитных элементов швы кладки не следует. Однако, в связи с широким распространением большой номенклатуры камней разной природы, разнообразием кладочных растворов и способов армирования все чаще приводятся характеристики камня. В этом случае учитывать швы кладки следует.

В.3.3 Трехслойные стены с эффективным утеплителем и облицовкой из кирпичной кладки

1) армирование или связи, проходящее через утеплитель;

2) крепеж утеплителя;
3) стыки с плитами перекрытий или балконными плитами; (Таблицы Е.6 – Е.9)
4) стыки с оконными блоками; (Таблица Е.21)
5) примыкание к фундаменту;
6) примыкание к покрытию;
7) стык с другими видами стеновых конструкций.

В.3.4 СФТК

1) крепеж утеплителя (анкер с тарельчатым дюбелем в соответствии с ГОСТ Р 53786-2010);
2) стыки с балконными плитами; (Таблицы Е.10 – Е.13)
3) стыки с оконными блоками; (Таблицы Е.22 – Е.24)
4) примыкание к фундаменту;
5) примыкание к покрытию;
6) стык с другими видами стеновых конструкций.

Примечание – Тарельчатые дюбели в зависимости от своей конструкции могут как существенно влиять на потери теплоты через конструкцию, так и не влиять вовсе. Удельные потери теплоты через тарельчатые дюбели должны определяться разработчиком дюбеля или фасадной системы и включаться в документацию на фасадную систему, например, в технические свидетельства.

В.3.5 Системы наружной теплоизоляции с вентилируемой воздушной прослойкой

1) крепеж утеплителя (анкер с тарельчатым дюбелем);
2) кронштейны;
3) металлические противопожарные рассечки;
4) стыки с балконными плитами; (Таблицы Е.10 – Е.13)
5) стыки с оконными блоками;
6) примыкание к фундаменту;
7) примыкание к покрытию;
8) стык с другими видами стеновых конструкций.

Примечание - Большое значение для расчета приведенного сопротивления теплопередаче стен с облицовкой на относе имеют характеристики кронштейнов. Кронштейны часто уникальны для производителя фасадной системы и их характеристики пока не обобщены. Удельные потери теплоты через кронштейны должны определяться на стадии разработки фасадной системы и включаться в документацию на фасадную систему, например, в технические свидетельства.

В.3.6 Тонкостенные панели (в том числе сэндвич-панели)

1) армирование или связи, проходящее через утеплитель;
2) крепеж утеплителя;
3) стыки с плитами перекрытий или балконными плитами; (Таблицы Е.14 – Е.15)
4) стыки с оконными блоками; (Таблицы Е.25 – Е.26)
5) примыкание к фундаменту;
6) примыкание к покрытию;
7) стык с другими видами стеновых конструкций.

В.4 Не все из перечисленных элементов имеют одинаковое значение. В общественных зданиях могут вовсе отсутствовать балконы и лоджии, а значит и стыки с балконными плитами. Примыкания к фундаменту и покрытию существенны только для малоэтажного строительства.

Наиболее распространенными элементами являются примыкания оконных блоков.

Наибольшие удельные потери теплоты имеют стыки с плитами перекрытий и балконными плитами.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ СТЕНЫ ЖИЛОГО ДОМА[1]

Г.1 Описание конструкции выбранной для расчета

Стена с СФТК. Фасадная система монтируется на стену здания, выполненного с каркасом из монолитного железобетона. Наружные стены выполняются из блоков ячеистого бетона толщиной 250 мм. Толщина теплоизоляционного слоя фасада из каменной ваты составляет 120 мм. Высота этажа от пола до пола 3300 мм. Толщина железобетонного перекрытия 200 мм. Плиты балконов и лоджий перфорируются в отношении пустоты/бетонные перемычки 1/1. Толщина оконной рамы 70 мм, рама выдвинута в плоскость утеплителя на 100 мм.

Состав стены (изнутри наружу) представлен в таблице Г.1:

Таблица Г.1

Материал слоя	δ, мм	λ, Вт/(м°С)
Внутренняя штукатурка	20	0,93
Кладка из полнотелого кирпича	250	0,2
Минераловатные плиты	120	0,04
Наружная штукатурка	6	-

Г.2 Перечисление элементов составляющих стеновую конструкцию.

По приложению В для СФТК характерны следующие элементы:

- крепеж утеплителя (анкер с тарельчатым дюбелем);
- стыки с балконными плитами;
- стыки с оконными блоками;
- примыкание к фундаменту;
- примыкание к покрытию;
- стык с другими видами стеновых конструкций.

Плоский элемент – стена по глади.

Среди перечисленных элементов некоторые не присутствуют на данном здании. Анкеры с тарельчатым дюбелем имеют неметаллический распорный элемент и их удельные потери теплоты значительно меньше погрешности расчетов, поэтому они не учитываются. Примыкание к фундаменту утеплено таким образом, что дополнительные тепловые потери не возникают. Примыкание к покрытию утеплено и ввиду этажности здания имеет малое значение. Стык с другими видами стеновых конструкций отсутствует. Оставшиеся элементы подробно описаны ниже.

<u>плоский элемент 1</u>

кладка из блоков ячеистого бетона, утепленная слоем минераловатных плит, закрытой тонким слоем штукатурки;

<u>линейный элемент 1</u>

стык балконной плиты со стеной;

<u>линейный элемент 2</u>

примыкание оконного блока к стене;

Таким образом, в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции один вид плоских и два вида линейных элементов.

Г.3 Геометрические характеристики элементов

Весь фасад здания, включая светопроемы, имеет общую площадь 2740 м^2. Фасад содержит следующие светопроемы: 2400×2200 мм (окно с балконной дверью) - 50 шт,

[1] В приложениях Г и Д приведены примеры расчетов с использованием удельных потерь теплоты по таблица из приложения Е. Пример расчета с использованием температурных полей приведен в приложении Н СП 50.13330.2012.

2400×1800 мм - 50 шт, 1200×1800 мм - 60 шт, 1200×1200 мм - 12 шт. Суммарная площадь светопроемов 597 м^2.

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета $R_o^{пр}$ составляет:

$$A = 2740 - 611 = 2129 \text{ м}^2.$$

Суммарная протяженность балконных плит на фасаде составляет 275 м. Удельная геометрическая характеристика равна:

$$l_1 = \frac{275}{2129} = 0{,}129 \text{ м}^{-1}.$$

Общая длина проекции оконного откоса, определяется по экспликации оконных проемов и равна:

$$L_2 = (2 \cdot 2{,}4 + 2 \cdot 2{,}2) \cdot 50 + (2 \cdot 2{,}4 + 2 \cdot 1{,}8) \cdot 50 + (2 \cdot 1{,}2 + 2 \cdot 1{,}8) \cdot 60 + (2 \cdot 1{,}2 + 2 \cdot 1{,}2) \cdot 12 = 1298 \text{ м}$$

Длина проекции этих откосов, приходящаяся на 1 м^2 площади фрагмента равна:

$$l_2 = \frac{1298}{2129} = 0{,}61 \text{ м}^{-1}.$$

Г.4 Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами.

Для плоского элемента удельные потери теплоты определяются по формулам (5.5), (5.2):

$$R_{o,1}^{усл} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{0{,}25}{0{,}2} + \frac{0{,}12}{0{,}04} + \frac{1}{23} = 4{,}43 \text{ (м}^2\cdot°\text{C)/Вт},$$

$$U_1 = \frac{1}{R_{o,1}^{усл}} = \frac{1}{4{,}43} = 0{,}226 \text{ Вт/(м}^2\cdot°\text{C)}$$

Для линейного элемента 1 удельные потери теплоты принимаются по таблице Е.11. Так как толщина плиты перекрытия не соответствует приведенным в таблице значениям, Ψ_1 находится интерполяцией.

Для рассматриваемого элемента $R_{ут}$=3,0 (м^2·°С)/Вт, λ_o=0,2 Вт/(м°С). Соответствующие этим параметрам удельные потери теплоты:

толщина перекрытия 160 мм Ψ_{160}=0,346 Вт/(м°С)

толщина перекрытия 210 мм Ψ_{210}=0,429 Вт/(м°С)

Удельные потери теплоты теплозащитного элемента Ψ_1=0,412 Вт/(м°С)

Для линейного элемента 2 удельные потери теплоты принимаются по таблице Е.23.

Для рассматриваемого элемента $R_{ут}$=3,0 (м^2·°С)/Вт, λ_o=0,2 Вт/(м°С), $d_н$=20 мм. Соответствующие этим параметрам удельные потери теплоты Ψ_2=0,092 Вт/(м°С)

Таким образом, определены все удельные потери теплоты, обусловленные всеми элементами в рассматриваемом фрагменте ограждающей конструкции.

Г.4 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены

Данные расчетов, сведены в таблицу Г.3 в соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012.

Таблица Г.3

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент 1	a = 1 м^2/м^2	U_1 = 0,226 Вт/(м^2 °С)	$U_1\, a_1$ =0,226 Вт/(м^2 °С)	67,5
Линейный элемент 1	l_1 = 0,129 м/м^2	Ψ_1 = 0,412 Вт/(м °С)	$\Psi_1\, l_1$ =0,053 Вт/(м^2 °С)	15,8
Линейный элемент 2	l_2 = 0,61 м/м^2	Ψ_2 = 0,092 Вт/(м °С)	$\Psi_2\, l_2$ =0,056 Вт/(м^2 °С)	16,7
Итого			$1/R^{пр}$ = 0,335 Вт/(м^2 °С)	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции рассчитывается по формуле (5.1).

$$R_{o}^{пр} = \frac{1}{0,226 + 0,053 + 0,056} = \frac{1}{0,335} = 2,99 \text{ м}^2\,^{o}\text{С/Вт}$$

Коэффициент теплотехнической однородности определенный по формуле (5.7), равен:

$$r = \frac{0,226}{0,335} = 0,67$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ПРИМЕР ПОДБОРА ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТЕНЫ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ

Д.1 Описание конструкции выбранной для расчета

Стена – кладка из блоков полистиролбетона с наружной облицовкой кирпичом.

Состав стены (изнутри наружу) представлен в таблице Д.1:

Таблица Д.1

Материал слоя	δ, мм	λ, Вт/(м°С)
Внутренняя штукатурка	20	0,93
Кладка из блоков полистиролбетона	-	0,14
Кладка из облицовочного кирпича	120	0,64

Толщина кладки из блоков полистиролбетона определяется расчетом. Расчетная теплопроводность данной кладки взята по материалам производителя для принятых по конструктивным соображениями растворных швов и армирования.

Целевое сопротивление теплопередаче принято равным 2,5 (м^2·°С)/Вт, что потребовалось для выполнения требования к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в разделе «Энергоэффективность».

Д.2 Перечисление элементов составляющих ограждающую конструкцию.

По приложению В для кладки из блоков легкого, особо легкого бетона характерны следующие элементы:

- швы кладки, включая армированные;
- стыки с плитами перекрытий или балконными плитами;
- стыки с оконными блоками;
- примыкание к фундаменту;
- примыкание к покрытию;
- стык с другими видами стеновых конструкций.

Плоский элемент – стена по глади.

Среди перечисленных выше элементов некоторые отсутствуют в данной конструкции. Швы кладки и армирование учтены в теплопроводности кладки. Балконные плиты отсутствуют, так как это общественное здание и по проекту балконы не предусмотрены. В узле примыкания стен к фундаменту отсутствуют дополнительные теплопотери вследствие особенностей утепления узла. Примыкание к покрытию утеплено и ввиду этажности здания имеет малое значение. Стык с другими видами стен отсутствует. Остальные элементы описаны ниже.

<u>плоский элемент</u>

кладка из блоков полистиролбетона с наружной облицовкой кирпичом;

<u>линейный элемент 1</u>

стык стены с плитой перекрытия (плита перекрытия толщиной 200 мм перфорирована в соотношении пустоты/бетонные перемычки 3/1);

<u>линейный элемент 2</u>

стык стены с оконным блоком (рама толщиной 80 мм, кирпичная кладка установлена с зубом 60 мм).

Д.3 Геометрические характеристики элементов

Весь фасад здания, включая светопроемы, имеет общую площадь 2740 м^2. Фасад содержит следующие светопроемы: 2400×2000 мм - 80 шт, 1200×2000 мм - 80 шт, 1200×1200 мм - 24 шт. Суммарная площадь светопроемов 611 м^2.

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции для расчета $R_o^{пр}$ составляет:

$$A = 2740 - 611 = 2129 \text{ м}^2.$$

Суммарная протяженность торцов перекрытий на фасаде составляет 822 м. Удельная геометрическая характеристика равна

$$l_1 = \frac{822}{2129} = 0{,}386 \text{ м}^{-1}.$$

Общая длина проекции оконного откоса, определяется по экспликации оконных проемов и равна:

$$L_2 = (2 \cdot 2{,}4 + 2 \cdot 2{,}0) \cdot 80 + (2 \cdot 1{,}2 + 2 \cdot 2{,}0) \cdot 80 + (2 \cdot 1{,}2 + 2 \cdot 1{,}2) \cdot 24 = 1331 \text{ м}$$

Длина проекции откосов, приходящаяся на 1 м^2 площади фрагмента равна

$$l_2 = \frac{1331}{2129} = 0{,}625 \text{ м}^{-1}.$$

Д.4 Удельные потери теплоты линейных элементов берутся по приложению Е.

Для плоского элемента подбирается толщина утеплителя (кладка из полистиролбетонных блоков), позволяющая получить условное сопротивление теплопередаче близкое к $1{,}5 \cdot R_ц$.

$$d_{пб1} = \lambda_{пб} \cdot \left(1{,}5R_ц - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_н} - \frac{d_к}{\lambda_к} - \frac{d_{шт}}{\lambda_{шт}}\right) = 0{,}14 \cdot \left(1{,}5 \cdot 2{,}5 - \frac{1}{8{,}7} - \frac{1}{23} - \frac{0{,}12}{0{,}64} - \frac{0{,}02}{0{,}93}\right) = 0{,}473 \text{ м}$$

Толщина кладки из блоков полистиролбетона может изменяться только ступенчато с округлением в большую сторону. В данном случае ближайшая возможная толщина кладки 500 мм. Условное сопротивление теплопередаче стены с кладкой толщиной 500 мм составляет 3,94 (м^2·°С)/Вт.

Д.5 Удельные потери теплоты через стык стены с плитой перекрытия не присутствуют в явном виде в таблицах приложения Е. Они находятся интерполяцией по данным нескольких случаев приведенных в таблице Е.3. Отличия заключаются в двух параметрах: теплопроводности кладки и толщине перекрытия. Для простоты и наглядности изложения интерполяция проводится последовательно сначала по одному, а затем по второму параметру. Точки, между которыми проводится интерполяция, сведены в таблицу Д.1

Таблица Д.1

	$\lambda_о$=0,1	$\lambda_о$=0,18	$\lambda_о$=0,14
$d_п$=160 мм	0,195	0,175	0,185
$d_п$=210 мм	0,247	0,221	0,234

По второму и третьему столбцу таблицы вычисляются значения четвертого столбца, соответствующие теплопроводности кладки используемой в проекте.

Интерполяцией значений из четвертого столбца находятся искомые удельные тепловые потери стыка стены и плиты перекрытия, для толщины перекрытия 200 мм.

$$\Psi_1 = 0{,}224 \text{ Вт/(м°С)}.$$

Удельные потери теплоты стыка стены с оконным блоком также находятся интерполяцией, но по одному параметру – теплопроводности кладки. Данные по удельным потерям теплоты берутся из таблицы Е.19.

$$\Psi_2 = 0{,}068 \text{ Вт/(м°С)}.$$

Д.6 Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены

Данные расчетов, сведены в таблицу Д.2 в соответствии с приложением Е СП 50.13330.2012.

Таблица Д.2

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Плоский элемент	a = 1 м^2/м^2	U = 0,254 Вт/(м^2 °С)	$U_1\ a_1$ =0,254 Вт/(м^2 °С)	66,3
Линейный элемент 1	l_1 = 0,386 м/м^2	Ψ_1 = 0,224 Вт/(м °С)	$\Psi_1\ l_1$ =0,0865 Вт/(м^2 °С)	22,6
Линейный элемент 2	l_2 = 0,625 м/м^2	Ψ_2 = 0,068 Вт/(м °С)	$\Psi_2\ l_2$ =0,0425 Вт/(м^2 °С)	11,1
Итого			$1/R^{пр}$ = 0,383 Вт/(м^2 °С)	100

Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента ограждающей конструкции рассчитывается по формуле (5.1).

$$R_{о}^{пр} = \frac{1}{0{,}254 + 0{,}0865 + 0{,}0425} = \frac{1}{0{,}383} = 2{,}61 \text{ м}^2\,{}^{o}\text{С/Вт}$$

Целевое сопротивление теплопередаче достигнуто с хорошей точностью доработка конструкции не требуется.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ТАБЛИЦЫ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ НЕОДНОРОДНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В данном приложении собраны обработанные данные из расчетов температурных полей ряда типовых решений узлов стыка различных ограждающих конструкций.

Во всех таблицах представлены удельные потери теплоты Ψ в размерности Вт/(м°С).

Как правило, плоские элементы представляют собой участки конструкции, характеристики которых рассчитываются по формулам (5.2), (5.5), (5.6). Точечные элементы в основном уникальны и их характеристики на данный момент не поддаются обобщению. В большинстве случаев это элементы крепежа: гибкие связи, анкеры, кронштейны и т.п. Их характеристики должны быть известны производителю и поставщику удельные потери теплоты должны быть включены в технические свидетельства на фасадную систему или альбомы типовых узлов.

Расчет температурного поля конкретного узла обладает большей точностью и результаты такого расчета предпочтительны по сравнению со справочными материалами.

Материал приожения упорядочен по типу узлов. В рамках каждого подраздела приводятся характеристики одного и того же узла для различного выбора стен, с вариацией основных влияющих на тепловые потери параметров.

В разделе представлены следующие узлы:

Е.1. Примыкания плит перекрытия к стене. (Таблицы Е.1 – Е.17)

Е.2. Примыкания оконных блоков к стене. (Таблицы Е.18 – Е.27)

Каждый узел сопровождается описанием, перечислением основных влияющих на тепловые потери параметров и пределов их вариации, перечислением основных особенностей.

Большая протяженность нашей страны, разнообразие климатических зон и экономических ситуаций, приводят к огромному разнообразию возможных решений одного и того же узла. Охватить точными расчетами все возможные варианты не представляется возможным. В связи с этим при составлении укрупненных таблиц с расчетными характеристиками приходится выбирать между наиболее широким охватом и большей точностью результатов.

В данном разделе принят умеренный компромисс между точностью и охватом вариантов. При использовании таблиц большинство конструкций будут попадать в промежутки между значениями, приведенными в таблице, и находиться интерполяцией. Ряд мелких деталей конструкций неизбежно не совпадут, что останется незамеченным. При дальнейшей реализации на стройке конструкция претерпит ряд искажений. Все эти факторы не позволяют рассчитывать на высокую точность применения и таблиц, поэтому, повышать точность в ущерб охвату узлов, признано не целесообразным.

Для компенсации погрешности расчетов в приводимые ниже данные внесен небольшой (несколько процентов) коэффициент запаса. Коэффициент запаса вносился не в конечный результат, а во входные данные для расчета температурных полей, из неопределенности которых в первую очередь и появлялась погрешность расчетов. В связи с этим коэффициент запаса неодинаков для различных узлов конструкции[1].

Приведенные ниже таблицы предназначены для помощи проектировщикам при расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Также данные таблице могут быть использованы экспертами для оценки предоставляемых данных.

---

[1] Описанный подход к коэффициенту запаса позволил добиться того, что приведенные ниже значения удельных потерь теплоты воспроизводят закономерности их зависимости от различных факторов. В связи с этим таблицы могут использоваться для научно-исследовательских целей, показывая направление для поиска наиболее существенных параметров, влияющих на тепловые потери, и возможности по совершенствованию узлов. Исключением являются узлы с удельными потерями теплоты близкими к нулю (менее 0,02 Вт/(м°С)), так как относительная погрешность для них сильно нарастает.

Е.1 Примыкание плит перекрытия к стене

Данный тип узлов следует учитывать при расчете приведенного сопротивления теплопередаче, только если плита перекрытия или связанные с ней несущие элементы пересекают утеплитель. В этом случае данный тип узлов является наиболее мощным «мостиком холода» для подавляющего большинства ограждающих конструкций.

Для снижения тепловых потерь через стыки, плиты перекрытия перфорируют, или применяют иные теплозащитные мероприятия. Для эффективности теплозащитных мероприятий важно, чтобы перфорация, или ее аналог по расположению совпадали с расположением слоя наиболее эффективного утеплителя в стене. В противном случае будет происходить огибание тепловым потоком перфорации по материалам стены.

Современные требования по тепловой защите стеновых конструкций, как правило, выполняются с использованием эффективных теплоизоляционных материалов с низкой теплопроводностью. В таких конструкциях узлы без перфорации плиты перекрытия или иных мероприятий по тепловой защите недопустимы к применению. Данные по таким узлам включены в таблицы, для сведения экспертов и научных работников.

Для примыканий плит перекрытия минимальные температуры на внутренней поверхности стены зависят в первую очередь от толщины стены и наличия перфорации или иных теплозащитных мероприятий. Как правило, для узлов данного вида промерзание практически не происходит. Опасность промерзания возможна в трех случаях:

а) отсутствует перфорация плиты перекрытия;

б) стена толщиной менее 300 мм;

в) расположение перфорация не совпадает со слоем утеплителя в конструкции стены.

В выше перечисленных случаях промерзания происходят редко. В связи с этим необходимо проводить отдельную проверку перечисленных узлов.

Удельный геометрический показатель примыкания плиты перекрытия к стене на практике колеблется в широких пределах от 0 до 0,6 м/м^2. Для предварительной оценки эффективности различных решений узла далее будет использоваться наиболее распространенная удельная протяженность 0,4 м/м^2 для кладок и трехслойных стен и 0,12 м/м^2 для вентилируемых и штукатурных фасадов.

В настоящем разделе предполагается, что плита перекрытия перфорируется в соответствии со схемой на рис. Е.1. На схеме серым цветом закрашены отверстия в плите перекрытия, заполняемые термовкладышами из МВП или пенополистирола. Важными параметрами, характеризующими перфорацию, являются: соотношение длины термовкладышей к расстоянию между ними a/b, в соответствии с обозначениями на рис. Е.1, и толщина перфорируемого слоя или термовкладыша $d_т$. Далее соотношение длины термовкладышей к расстоянию между ними будет даваться в безразмерном виде. Например, перфорация 3/1 обозначает, что a/b=3/1.

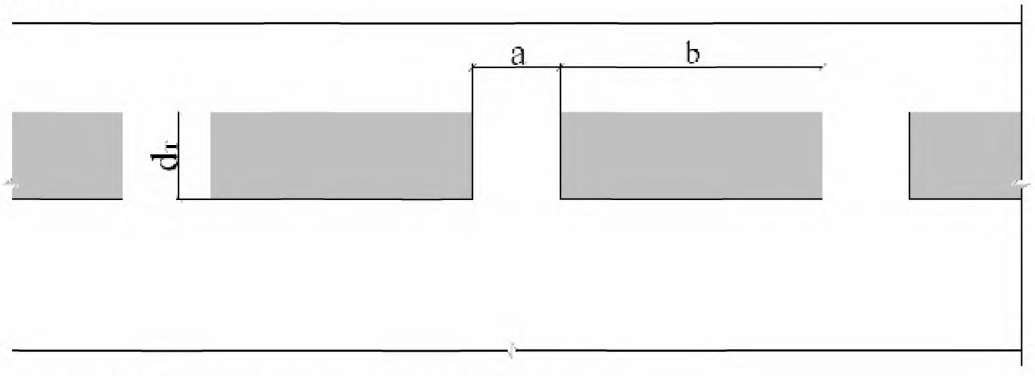


Рис. Е.1 Схема перфорации плиты перекрытия.

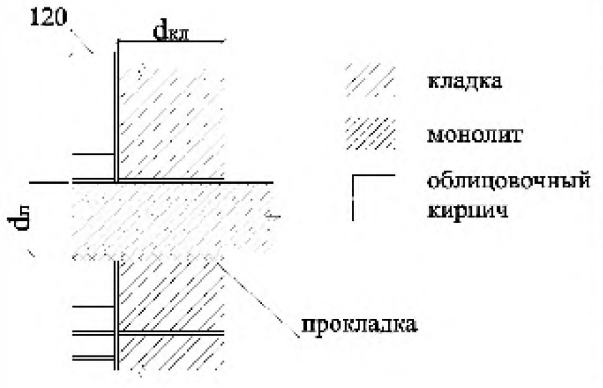
Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:
- толщина кладки, $d_{кл}$, мм
- теплопроводность кладки, $\lambda_{кл}$, Вт/(м°С)
- перфорация плиты перекрытия,
- эффективная толщина плиты перекрытия, $d_п$, мм.

Толщина перфорации 160 мм.

Таблица Е.1

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Без перфорации.



	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_п$=160 мм			
$d_{кл}$=200	0,567	0,508	0,431
$d_{кл}$=300	0,488	0,442	0,381
$d_{кл}$=500	0,376	0,350	0,304
$d_п$=210 мм			
$d_{кл}$=200	0,700	0,627	0,535
$d_{кл}$=300	0,608	0,552	0,477
$d_{кл}$=500	0,474	0,442	0,385

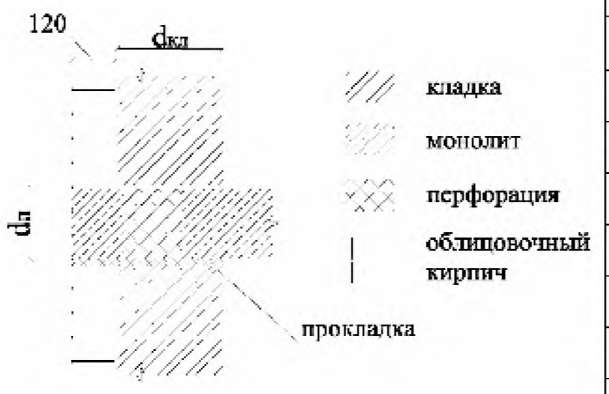
Примечания:

1 Плита перекрытия без перфорации или иного теплозащитного мероприятия приводит к низким температурам на внутренней поверхности стены и неэффективным потерям тепловой энергии. Среди приведенных в таблице вариантов узла половина промерзает в типовых условиях.

2 Для рассмотренных вариантов узла максимально достижимое целевое сопротивление теплопередаче 2 $м^2$ °С/Вт.

Таблица Е.2

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Перфорация 1/1.



	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_п$=160 мм			
$d_{кл}$=200	0,323	0,269	0,202
$d_{кл}$=300	0,308	0,265	0,208
$d_{кл}$=500	0,268	0,244	0,202
$d_п$=210 мм			
$d_{кл}$=200	0,408	0,342	0,258
$d_{кл}$=300	0,39	0,335	0,267
$d_{кл}$=500	0,341	0,31	0,258

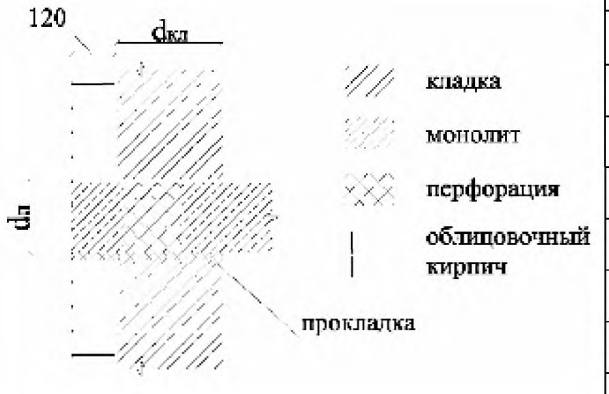
Примечания:

1 Даже сравнительно небольшая перфорация плиты перекрытия использованная в узлах выше приводит к уменьшению удельных тепловых потерь через узел в среднем в 1,5 раза и практически исключает промерзание в стандартных условиях. Опасность промерзания сохраняется только для стен с толщиной кладки 200 мм и теплопроводностью кладки 0,1 Вт/(м°С).

2 Для рассмотренных вариантов узла максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 2,5 $м^2$ °С/Вт.

Таблица Е.3

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Перфорация 3/1.



	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_п$=160 мм			
$d_{кл}$=200	0,188	0,138	0,077
$d_{кл}$=300	0,198	0,158	0,111
$d_{кл}$=500	0,195	0,175	0,14
$d_п$=210 мм			
$d_{кл}$=200	0,24	0,177	0,1
$d_{кл}$=300	0,252	0,202	0,14
$d_{кл}$=500	0,247	0,221	0,173

Примечания:

1 Соотношение пустоты/бетонные перемычки 3/1 – типовое для современного строительства. Оно эффективней, чем соотношение пустот 1/1, примерно в 1,5 раза и позволяет достигать минимально допустимые значения приведенного сопротивления теплопередаче в большинстве практически важных случаев. Опасность промерзания практически отсутствует.

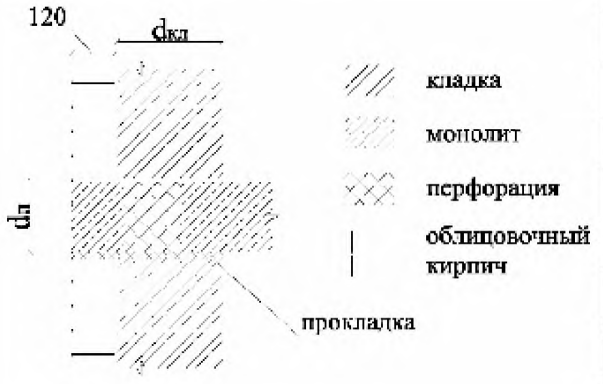
2 Данный тип перфорации вполне эффективен для стен с целевым сопротивлением теплопередаче до 2,6 $м^2$ °С/Вт. Максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 3,0 $м^2$

°С/Вт.

3 Для перспективных энергоэффективных конструкций рассмотренное решение узла может оказаться недостаточным. Дальнейшие меры по снижению тепловых потерь через данный элемент могут заключаться либо в дальнейшем усилении перфорации, либо в увеличении толщины перфорируемого слоя, либо в переходе к принципиально иным теплозащитным мероприятиям. В следующих двух таблицах приводятся данные позволяющие сравнить эффективность различных изменений перфорации плиты перекрытия.

Таблица Е.4

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Перфорация 5/1.



	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_п$=160 мм			
$d_{кл}$=200	0,133	0,085	0,029
$d_{кл}$=300	0,152	0,115	0,069
$d_{кл}$=500	0,164	0,146	0,113
$d_п$=210 мм			
$d_{кл}$=200	0,173	0,110	0,037
$d_{кл}$=300	0,194	0,146	0,085
$d_{кл}$=500	0,205	0,181	0,138

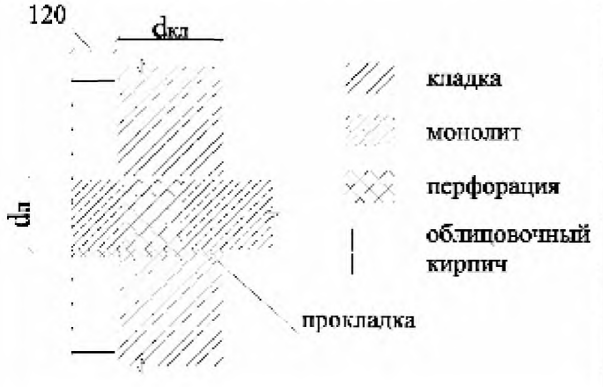
Примечания:

1Как видно из приведенной выше таблицы дальнейшее наращивание перфорации все слабее и слабее сказывается на удельных потерях теплоты. Рассмотренный уровень перфорации (5/1) вполне достаточен для эффективного обеспечения целевых сопротивлений теплопередаче.

2 Данный тип перфорации вполне эффективен для стен с целевым сопротивлением теплопередаче до 3,5 $м^2$ °С/Вт.

Таблица Е.5

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Перфорация 3/1, толщина перфорации увеличена до 220 мм.



	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_п$=160 мм			
$d_{кл}$=200	0,169	0,119	0,058
$d_{кл}$=300	0,171	0,131	0,081
$d_{кл}$=500	0,174	0,154	0,117
$d_п$=210 мм			
$d_{кл}$=200	0,217	0,154	0,075
$d_{кл}$=300	0,221	0,169	0,106
$d_{кл}$=500	0,222	0,194	0,146

Примечания:

1 Увеличение толщины перфорируемого слоя оказывается менее эффективным, чем повышение уровня перфорации.

2 Данный тип перфорации вполне эффективен для стен с целевым сопротивлением теплопередаче до 3,2 $м^2$ °С/Вт.

3 Как можно увидеть из характеристик вариантов стыка плиты перекрытия с другими видами стен, кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней наиболее благоприятна для увеличения толщины слоя перфорации. Для других видов стен, такое изменение узла менее эффективно, ввиду того, что перфорация не полностью совпадает с плоскостью утеплителя. Даже в этих условиях увеличение толщины утеплителя проигрывает по эффективности усилению перфорации до соотношения 5/1.

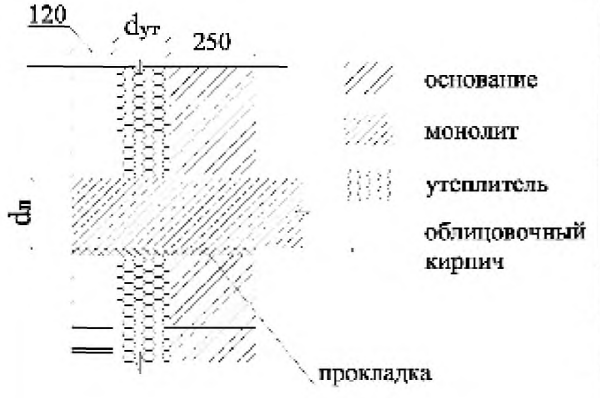
Стена – трехслойная с облицовкой кирпичом

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, $м^2$ °С/Вт
- теплопроводность основания, $\lambda_о$, Вт/(м°С)
- перфорация плиты перекрытия,
- эффективная толщина плиты перекрытия, $d_п$, мм.

Во всех расчетах толщина основания 250 мм принята равной 250 мм, а толщина перфорации 160 мм.

Таблица Е.6

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Трехслойная стена с облицовкой кирпичом. Без перфорации.



	$d_п$=160 мм			
		$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
	$R_{ут}$=1,22	0,429	0,388	0,417
	$R_{ут}$=2,44	0,450	0,473	0,540
	$R_{ут}$=6,1	0,401	0,435	0,483
	$d_п$=210 мм			
	$R_{ут}$=1,22	0,548	0,504	0,538
	$R_{ут}$=2,44	0,567	0,592	0,667
	$R_{ут}$=6,1	0,505	0,544	0,600

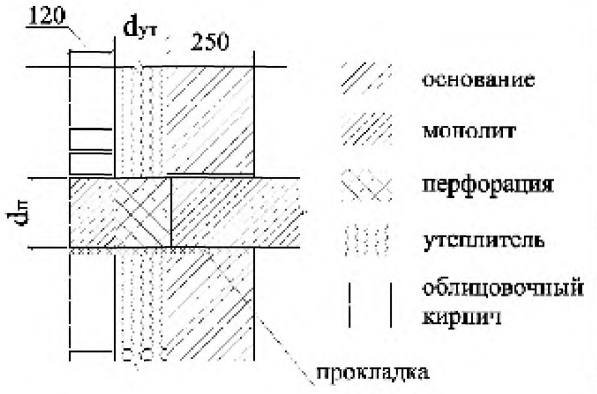
Примечания:

1 Плита перекрытия без перфорации или иного теплозащитного мероприятия приводит к низким температурам на внутренней поверхности стены и неэффективным потерям тепловой энергии. Благодаря толщине стены промерзание практически не наблюдается.

2 Для рассмотренных вариантов узла максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 2,5 $м^2$ °С/Вт. Следует заметить, что, несмотря на техническую возможность выполнения такого узла, использовать его не эффективно и не целесообразно.

Таблица Е.7

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Трехслойная стена с облицовкой кирпичом. Перфорация 1/1.



	$d_п$=160 мм		
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,22	0,242	0,185	0,185
$R_{ут}$=2,44	0,277	0,273	0,300
$R_{ут}$=6,1	0,276	0,289	0,313
	$d_п$=210 мм		
$R_{ут}$=1,22	0,321	0,260	0,260
$R_{ут}$=2,44	0,358	0,354	0,383
$R_{ут}$=6,1	0,353	0,369	0,396

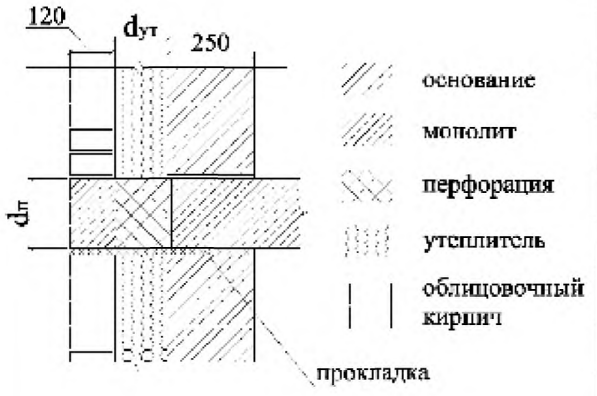
Примечания:

1 Даже сравнительно небольшая перфорация плиты перекрытия использованная в узлах выше приводит к уменьшению удельных тепловых потерь через узел в среднем в 1,5 раза и практически исключает промерзание в стандартных условиях.

2 Данный тип перфорации вполне эффективен для стен с целевым сопротивлением теплопередаче до 2,5 м^2 °С/Вт. Максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 3,0 м^2 °С/Вт.

Таблица Е.8

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Трехслойная стена с облицовкой кирпичом. Перфорация 3/1.



	$d_п$=160 мм		
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,22	0,129	0,067	0,048
$R_{ут}$=2,44	0,169	0,154	0,163
$R_{ут}$=6,1	0,190	0,194	0,204
	$d_п$=210 мм		
$R_{ут}$=1,22	0,179	0,113	0,092
$R_{ут}$=2,44	0,225	0,208	0,217
$R_{ут}$=6,1	0,245	0,250	0,263

Примечания:

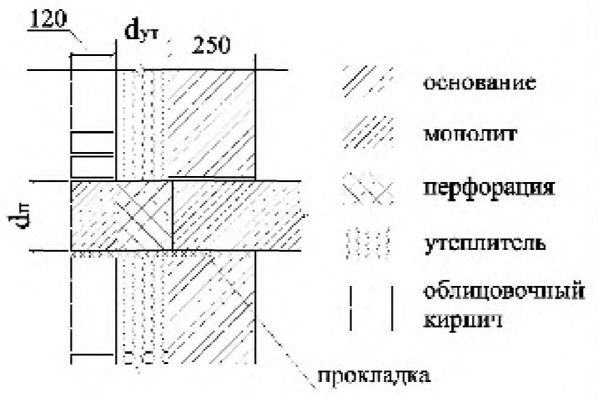
1 Соотношение пустоты/бетонные перемычки 3/1 – типовое для современного строительства. Оно эффективней, чем соотношение пустот 1/1, примерно в 1,7 раза и позволяет достигать минимально допустимые значения приведенного сопротивления теплопередаче в большинстве практически важных случаев.

2 Данный тип перфорации вполне эффективен для стен с целевым сопротивлением теплопередаче до 3,0 м^2 °С/Вт. Максимально достижимое в разумных конструкциях целевое сопротивление теплопередаче 3,5 м^2 °С/Вт.

3 Для перспективных энергоэффективных конструкций рассмотренное решение узла все же недостаточно. Дальнейшие меры по снижению тепловых потерь через данный элемент могут заключаться либо в дальнейшем усилении перфорации, либо в переходе к принципиально иным теплозащитным мероприятиям.

Таблица Е.9

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Трехслойная стена с облицовкой кирпичом. Перфорация 5/1.



	$d_п$=160 мм			
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8	
$R_{ут}$=1,22	0,083	0,019	0	
$R_{ут}$=2,44	0,125	0,106	0,108	
$R_{ут}$=6,1	0,153	0,152	0,158	
	$d_п$=210 мм			
$R_{ут}$=1,22	0,121	0,050	0,021	
$R_{ут}$=2,44	0,167	0,146	0,150	
$R_{ут}$=6,1	0,197	0,198	0,204	

Примечания:

1 Как видно из приведенной выше таблицы дальнейшее наращивание перфорации все слабее и слабее сказывается на удельных потерях теплоты. Рассмотренный уровень перфорации (5/1) вполне достаточен для эффективного обеспечения целевых сопротивлений теплопередаче.

2 Данный тип перфорации вполне эффективен для стен с целевым сопротивлением теплопередаче до 3,6 $м^2$ °С/Вт.

Стена – с наружным утеплением и тонкой облицовкой (штукатурный или вентилируемый фасад)

При наружном утеплении выходы плиты перекрытия закрываются утеплителем и не являются «мостиками холода». Для данного вида стен следует учитывать только стыки с балконными плитами, так как в этих местах разрывается слой утеплителя.

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:

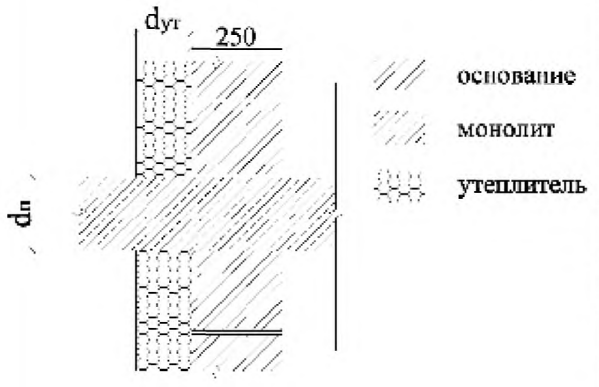
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, $м^2$ °С/Вт
- теплопроводность основания, $\lambda_о$, Вт/(м°С)
- перфорация плиты перекрытия,
- эффективная толщина плиты перекрытия, $d_п$, мм.

Во всех расчетах толщина основания 250 мм принята равной 250 мм, а толщина перфорации 160 мм.

Влияние узла стыка стены с наружным утеплением с балконной плитой намного меньше по сравнению с узлом стыка стены с плитой перекрытия для кладок и трехслойных конструкций. Это связано со значительно меньшей удельной длиной балконных плит. Влияние данного узла не является определяющим для конструкции.

Таблица Е.10

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. Без перфорации.

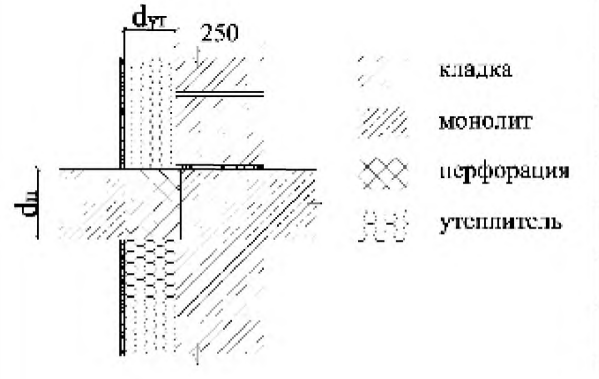


	λ_o=0,2	λ_o=0,6	λ_o=1,8
$d_п$=160 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,583	0,660	0,838
$R_{ут}$=3,0	0,550	0,638	0,781
$R_{ут}$=6,0	0,472	0,536	0,626
$d_п$=210 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,704	0,777	0,958
$R_{ут}$=3,0	0,669	0,758	0,915
$R_{ут}$=6,0	0,580	0,650	0,751

Примечание - Плита перекрытия без перфорации или иного теплозащитного мероприятия приводит к низким температурам на внутренней поверхности стены и неэффективным потерям тепловой энергии. Промерзание возможно только для наиболее тонких и холодных стен.

Таблица Е.11

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. Перфорация 1/1.

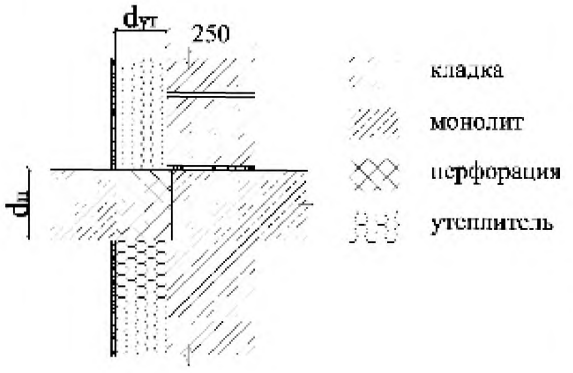


	λ_o=0,2	λ_o=0,6	λ_o=1,8
$d_п$=160 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,400	0,413	0,477
$R_{ут}$=3,0	0,346	0,371	0,419
$R_{ут}$=6,0	0,311	0,338	0,374
$d_п$=210 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,483	0,492	0,556
$R_{ут}$=3,0	0,429	0,456	0,510
$R_{ут}$=6,0	0,393	0,421	0,466

Примечание - Даже сравнительно небольшая перфорация плиты перекрытия использованная в узлах выше приводит к уменьшению удельных тепловых потерь через узел в среднем в 1,7 раза и практически исключает промерзание в стандартных условиях.

Таблица Е.12

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. Перфорация 3/1.

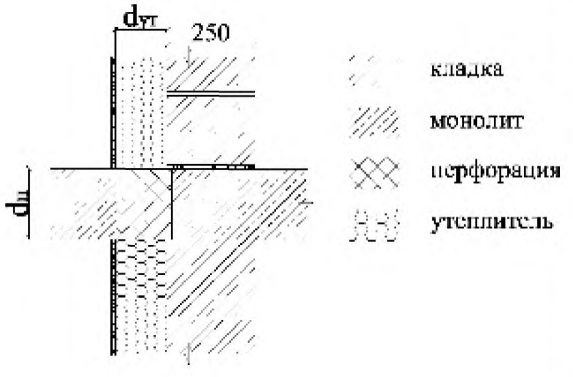


	λ_o=0,2	λ_o=0,6	λ_o=1,8
$d_п$=160 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,279	0,265	0,285
$R_{ут}$=3,0	0,225	0,227	0,244
$R_{ут}$=6,0	0,209	0,219	0,237
$d_п$=210 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,335	0,315	0,333
$R_{ут}$=3,0	0,281	0,283	0,302
$R_{ут}$=6,0	0,268	0,279	0,297

Примечание - Соотношение пустоты/бетонные перемычки 3/1 – типовое для современного строительства. Оно эффективней, чем соотношение пустот 1/1, примерно в 1,4 раза и позволяет достигать целевые значения сопротивления теплопередаче в большинстве практически важных случаев.

Таблица Е.13

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. Перфорация 5/1.



	λ_o=0,2	λ_o=0,6	λ_o=1,8
$d_п$=160 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,227	0,202	0,210
$R_{ут}$=3,0	0,173	0,171	0,179
$R_{ут}$=6,0	0,168	0,171	0,183
$d_п$=210 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,335	0,240	0,244
$R_{ут}$=3,0	0,219	0,213	0,223
$R_{ут}$=6,0	0,213	0,219	0,230

Примечание - Как видно из приведенной выше таблицы дальнейшее наращивание перфорации все слабее и слабее сказывается на удельных потерях теплоты. Рассмотренный уровень перфорации (5/1) вполне достаточен для эффективного обеспечения целевых сопротивлений теплопередаче.

Стена – тонкостенные панели (в том числе сэндвич-панели)

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, м^2 °С/Вт
- наличие облицовки,
- перфорация плиты перекрытия,
- эффективная толщина плиты перекрытия, $d_п$, мм.

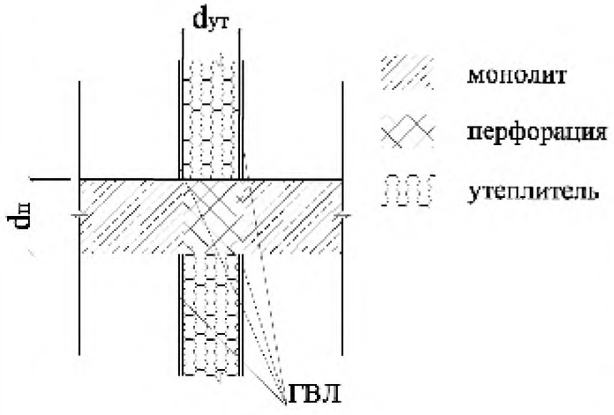
Во всех расчетах толщина перфорации 160 мм.

Для панелей без облицовки маловероятна установка панелей в плоскости перфорации, поэтому их следует навешивать, снаружи закрывая панелью выход плиты перекрытия. Данные по удельным потерям теплоты для различных вариантов перфорации даны для места выхода балконной плиты.

В качестве стенок панелей выбраны листы ГВЛ 10 мм.

Таблица Е.14

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена - тонкостенная панель. Без облицовки.



	$R_{ут}$=2,0	$R_{ут}$=4,0	$R_{ут}$=7,0
$d_п$=160 мм			
Без перф	0,975	0,802	0,623
1/1	0,521	0,435	0,383
3/1	0,302	0,256	0,248
5/1	0,221	0,190	0,193
$d_п$=210 мм			
Без перф	1,179	0,985	0,777
1/1	0,640	0,550	0,487
3/1	0,371	0,329	0,316
5/1	0,271	0,244	0,248

Примечания:

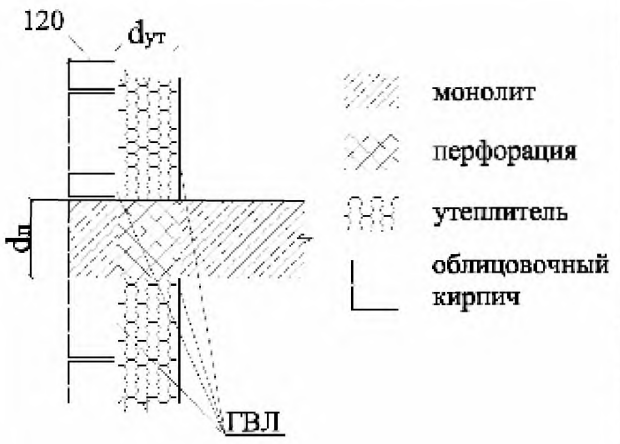
1 Из таблицы видно, как сильно влияет перфорация на удельные тепловые потери через узел. Для узла без перфорации или с перфорацией в соотношении 1/1 происходит промерзание, и они не могут быть рекомендованы к применению.

2 В связи с тонкостью стены узел стыка с балконной плитой имеет существенные удельные тепловые потери даже при усиленной перфорации. Однако если панели будут навешиваться снаружи и тепловые потери будет происходить только по балконным плитам, то относительно малые удельные протяженности узла будут приводить к пониженному влиянию на приведенное сопротивление теплопередаче стены.

3 Важнейшим для узла стыка тонкостенных панелей с балконной плитой, является совпадение плоскости утеплителя с перфорацией. Несовпадение перфорации с утеплителем недопустимо и сразу же приводит к промерзанию стены.

Таблица Е.15

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания балконной плиты к стене. Стена - тонкостенная панель. Облицовка из кирпича.



	$R_{ут}$=2,0	$R_{ут}$=4,0	$R_{ут}$=7,0
$d_п$=160 мм			
Без перф	0,779	0,675	0,548
1/1	0,438	0,390	0,352
3/1	0,258	0,238	0,233
5/1	0,190	0,177	0,185
$d_п$=210 мм			
Без перф	0,935	0,823	0,677
1/1	0,535	0,490	0,444
3/1	0,319	0,302	0,296
5/1	0,235	0,227	0,235

Примечания:

1 Увеличение толщины стены за счет облицовки в полкирпича приводит к значительному снижению тепловых потерь и повышению минимальной температуры на внутренней поверхности стены. Несмотря на это, рекомендации данные для стены без облицовки кирпичом сохраняют свою актуальность.

2 Для узла без перфорации или с перфорацией в соотношении 1/1 происходит промерзание, и они не могут быть рекомендованы к применению.

3 Облицовка кирпичом только в малоэтажном строительстве не будет опираться на перекрытие, что позволит сократить протяженность узла до протяженности балконных плит. В многоэтажном строительстве влияние стыка стены с плитой перекрытия на приведенное сопротивление теплопередаче становится определяющим на ровне с связями в панелях.

4 Данный вид стен эффективен для при целевом сопротивлением теплопередаче до 2,4 м^2 °С/Вт. Максимально достижимое в разумных конструкциях (при наличии внутренних связей) целевое сопротивление теплопередаче 2,7 м^2 °С/Вт.

5 Важнейшим для узла стыка тонкостенных панелей с плитой перекрытия, является совпадение плоскости утеплителя с перфорацией. Несовпадение перфорации с утеплителем недопустимо и сразу же приводит к промерзанию стены.

Стена с внутренним утеплением

Внутреннее утепление несет ряд теплофизических рисков и поэтому не рекомендуется к регулярному применению. Однако практика показывает, что периодически узлы такого вида встречаются. В связи с этим характеристики таких узлов приведены ниже. Применение такого решения чаще всего является вынужденной мерой.

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:

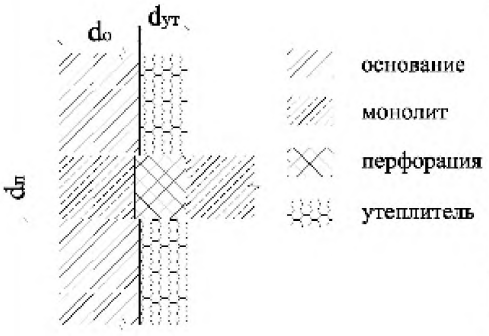
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, м^2 °С/Вт
- теплопроводность основания, $\lambda_о$, Вт/(м°С)
- толщина основания, $d_о$, мм
- перфорация плиты перекрытия,
- эффективная толщина плиты перекрытия, $d_п$, мм.

Во всех расчетах толщина перфорации 160 мм.

Особенностью внутреннего утепления является то, что «мостиками холода» аналогичными примыканиям плит перекрытия являются примыкания внутренних стен.

Таблица Е.16

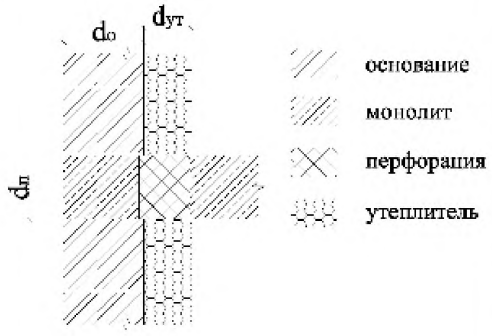
Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Стена с внутренним утеплением. Без перфорации.



	$d_п$=160 мм $d_о$=200 мм		
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,0	0,646	0,683	0,825
$R_{ут}$=2,5	0,608	0,675	0,796
	$d_п$=160 мм $d_о$=400 мм		
$R_{ут}$=1,0	0,450	0,481	0,656
$R_{ут}$=2,5	0,438	0,517	0,692
	$d_п$=210 мм $d_о$=200 мм		
$R_{ут}$=1,0	0,796	0,817	0,950
$R_{ут}$=2,5	0,752	0,813	0,933
	$d_п$=210 мм $d_о$=400 мм		
$R_{ут}$=1,0	0,565	0,579	0,748
$R_{ут}$=2,5	0,548	0,621	0,804

Таблица Е.17

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Стена с внутренним утеплением. Перфорация 3/1.



$d_п$=160 мм $d_о$=200 мм			
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,0	0,227	0,206	0,233
$R_{ут}$=2,5	0,227	0,242	0,273
$d_п$=160 мм $d_о$=400 мм			
$R_{ут}$=1,0	0,210	0,177	0,196
$R_{ут}$=2,5	0,198	0,206	0,252
$d_п$=210 мм $d_о$=200 мм			
$R_{ут}$=1,0	0,283	0,252	0,273
$R_{ут}$=2,5	0,288	0,300	0,331
$d_п$=210 мм $d_о$=400 мм			
$R_{ут}$=1,0	0,265	0,219	0,229
$R_{ут}$=2,5	0,252	0,256	0,302

Е.2 Примыкания оконного блока к стене

Примыкания оконных и дверных блоков к стенам являются наиболее распространенными элементами и встречаются практически на каждом здании.

Ошибки при выполнении узла примыкания оконного бока к стене являются частой причиной промерзания ограждающих конструкций.

При составлении таблиц предполагалось, что пространство между стеной и рамой окна запенивается. Толщина слоя пены 20 мм.

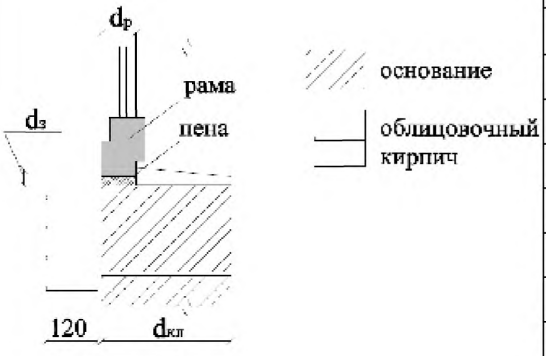
Удельные протяженности примыкания оконных и дверных блоков к стене на практике колеблются в широких пределах от 0,5 до 1,5 м/м^2. Для предварительной оценки эффективности различных решений узла далее будет использоваться наиболее распространенная удельная протяженность 0,8 м/м^2.

Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:
- толщина кладки, $d_{кл}$, мм
- теплопроводность кладки, $\lambda_{кл}$, Вт/(м°С)
- толщина рамы, мм
- наличие зуба при установке окна, $d_з$, мм.

Таблица Е.18

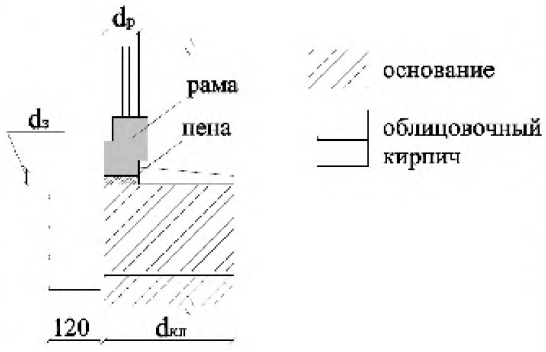
Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Рама 60 мм.



$d_з$=0 мм			
	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_{кл}$=200	0,017	0,040	0,071
$d_{кл}$=300	0,038	0,067	0,106
$d_{кл}$=500	0,063	0,110	0,169
$d_з$=60 мм			
$d_{кл}$=200	0,008	0,025	0,050
$d_{кл}$=300	0,029	0,054	0,088
$d_{кл}$=500	0,056	0,100	0,152

Таблица Е.19

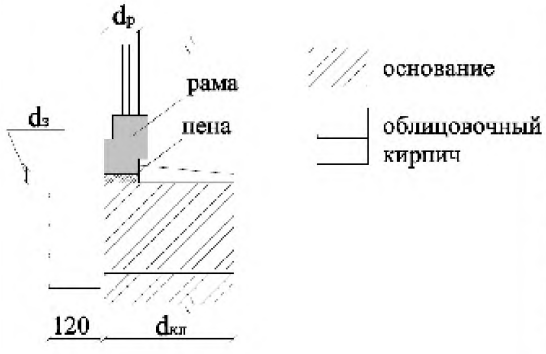
Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Рама 80 мм.



	$d_з$=0 мм		
	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_{кл}$=200	0,010	0,027	0,054
$d_{кл}$=300	0,029	0,054	0,087
$d_{кл}$=500	0,054	0,096	0,150
	$d_з$=60 мм		
$d_{кл}$=200	0,004	0,017	0,038
$d_{кл}$=300	0,023	0,044	0,073
$d_{кл}$=500	0,048	0,088	0,135

Таблица Е.20

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене. Кладка из блоков легкого, особо легкого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Рама 120 мм.



	$d_з$=0 мм		
	$\lambda_{кл}$=0,1	$\lambda_{кл}$=0,18	$\lambda_{кл}$=0,32
$d_{кл}$=200	0,000	0,010	0,031
$d_{кл}$=300	0,017	0,033	0,058
$d_{кл}$=500	0,042	0,075	0,117
	$d_з$=60 мм		
$d_{кл}$=200	0	0,004	0,021
$d_{кл}$=300	0,013	0,027	0,048
$d_{кл}$=500	0,038	0,069	0,106

Стена – трехслойная с облицовкой кирпичом

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:
- расположение окна,
- нахлест утеплителя
- толщина рамы, $d_р$ мм
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, м^2 ^{o}С/Вт
- теплопроводность основания, λ_o, Вт/(м^{o}С).

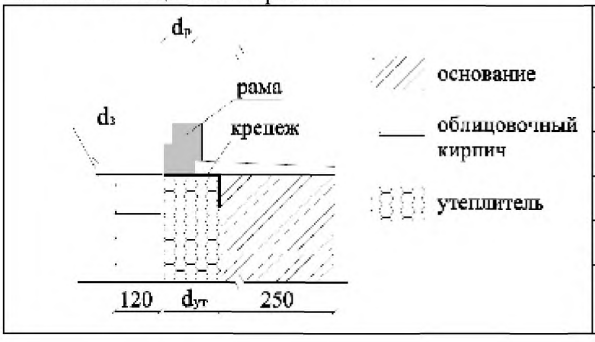
Толщина основания 250 мм.

Существует 2 принципиально разных варианта расположения окна – рама расположена сразу за облицовочным кирпичом (1) и рама расположена сразу за утеплителем (2). Во втором случае конструкция узла теплотехнически аналогична штукатурному фасаду и значения удельных потерь теплоты следует искать в Таблице Е.22 заменяя наружный штукатурный слой на облицовку кирпичом.

Так как оконный блок фактически располагается в утеплителе, должны быть предусмотрены элементы крепления. Существует большой выбор вариантов крепления оконного блока, большинство из вариантов сильно влияет на удельные потери теплоты. При расчетах значений в Таблице Е.21 предполагались точечные металлические крепления, в случае использования протяженных металлических креплений, приведенные данные использовать нельзя.

Таблица Е.21

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене. Трехслойная стена с облицовкой кирпичом.



	$d_р$=60	$d_р$=80	$d_р$=120
$R_{ут}$=1,5	0,121	0,104	0,083
$R_{ут}$=3,0	0,121	0,104	0,079
$R_{ут}$=6,0	0,132	0,114	0,092

Стена – системы фасадные теплоизоляционные, композиционные с наружными штукатурными слоями

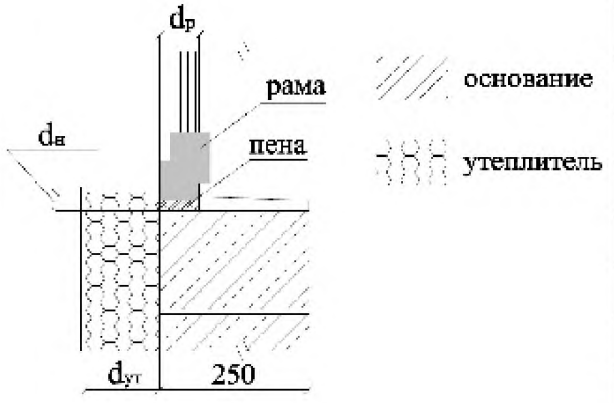
Параметры влияющие на потери теплоты через узел:
- расположение окна,
- нахлест утеплителя, $d_н$ мм
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, м^2 ^{o}С/Вт
- теплопроводность основания, λ_o, Вт/(м^{o}С).

Толщина основания 250 мм.

Толщина рамы 70 мм.

Таблица Е.22

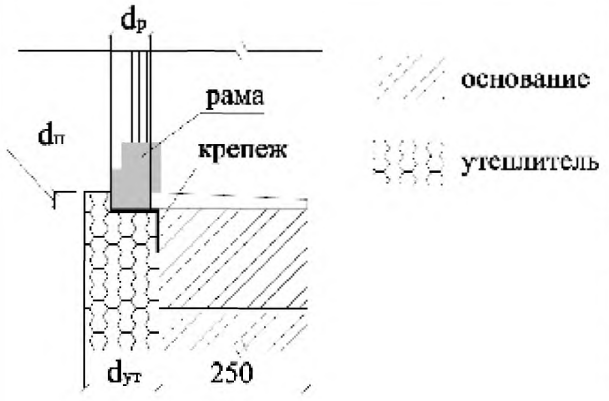
Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене. Системы фасадные теплоизоляционные, композиционные с наружными штукатурными слоями. Рама сразу за утеплителем.



$d_н$=0 мм			
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,5	0,054	0,098	0,133
$R_{ут}$=3,0	0,050	0,092	0,127
$R_{ут}$=6,0	0,055	0,097	0,129
$d_н$=20 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,042	0,067	0,083
$R_{ут}$=3,0	0,033	0,054	0,069
$R_{ут}$=6,0	0,034	0,056	0,068
$d_н$=60 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,013	0,031	0,042
$R_{ут}$=3,0	0	0,010	0,019
$R_{ут}$=6,0	0	0,006	0,012

Таблица Е.23

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене. Системы фасадные теплоизоляционные, композиционные с наружными штукатурными слоями. Рама сдвинута в утеплитель на 100 мм (для $R_{ут}$=1,5 60 мм).

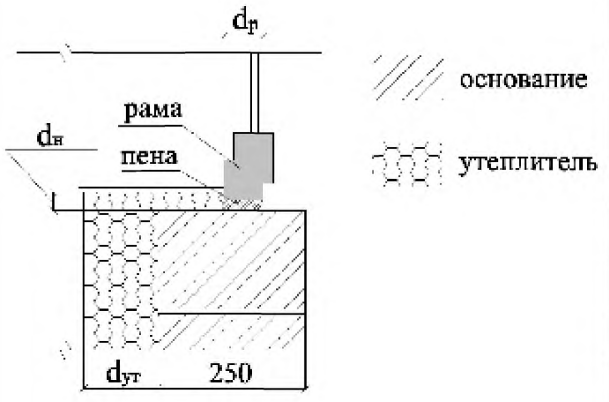


	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$d_н$=0 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,156	0,167	0,183
$R_{ут}$=3,0	0,119	0,119	0,123
$R_{ут}$=6,0	0,109	0,112	0,114
$d_н$=20 мм			
$R_{ут}$=1,5	-	-	-
$R_{ут}$=3,0	0,092	0,092	0,094
$R_{ут}$=6,0	0,072	0,072	0,072
$d_н$=60 мм			
$R_{ут}$=1,5	-	-	-
$R_{ут}$=3,0	0,054	0,052	0,054
$R_{ут}$=6,0	0,012	0,012	0,012

Примечание - так как оконный блок фактически располагается в утеплителе, должны быть предусмотрены элементы крепления. Существует большой выбор вариантов крепления оконного блока, большинство из вариантов сильно влияет на удельные потери теплоты. При расчетах значений в Таблице Е.23 предполагались точечные металлические крепления, в случае использования протяженных металлических креплений, приведенные данные использовать нельзя.

Таблица Е.24

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене. Системы фасадные теплоизоляционные, композиционные с наружными штукатурными слоями. Рама сдвинута от утеплителя на 100 мм.



	λ_o=0,2	λ_o=0,6	λ_o=1,8
$d_н$=0 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,106	0,319	0,696
$R_{ут}$=3,0	0,121	0,346	0,738
$R_{ут}$=6,0	0,134	0,366	0,764
$d_н$=20 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,063	0,135	0,196
$R_{ут}$=3,0	0,069	0,140	0,196
$R_{ут}$=6,0	0,078	0,147	0,202
$d_н$=60 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,017	0,054	0,081
$R_{ут}$=3,0	0,015	0,046	0,067
$R_{ут}$=6,0	0,018	0,047	0,064

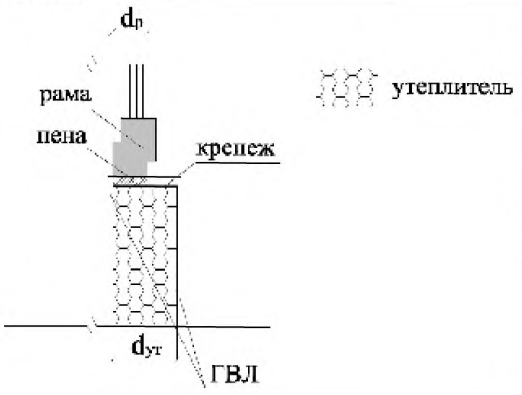
Стена – тонкостенные панели (в том числе сэндвич-панели)

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, м^2 °С/Вт
- наличие облицовки,
- толщина рамы, $d_р$ мм.

При установке оконного блока предполагается крепление к несущим элементам панели, влияние на тепловые потери которых должно учитываться отдельно (здесь вычитается).

Таблица Е.25

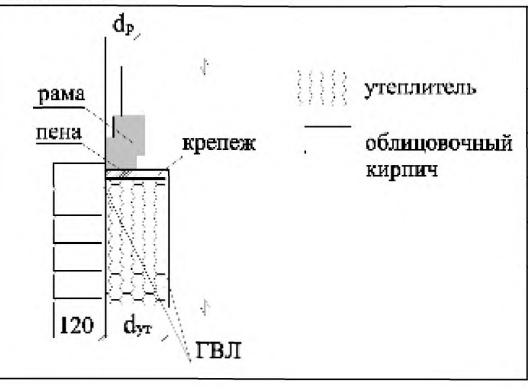
Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене из тонкостенных панелей.



	Без облицовки		
	$d_р$=60 мм	$d_р$=80 мм	$d_р$=120 мм
$R_{ут}$=2,0	0,004	0	-
$R_{ут}$=4,0	0,038	0,027	0,008
$R_{ут}$=7,0	0,063	0,054	0,033

Таблица Е.26

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене из тонкостенных панелей.



	С облицовкой кирпичом		
	$d_р$=60 мм	$d_р$=80 мм	$d_р$=120 мм
$R_{ут}$=2,0	0,008	0	-
$R_{ут}$=4,0	0,029	0,021	0,008
$R_{ут}$=7,0	0,052	0,044	0,031

Стена – внутреннее утепление

Параметры влияющие на потери теплоты через узел:

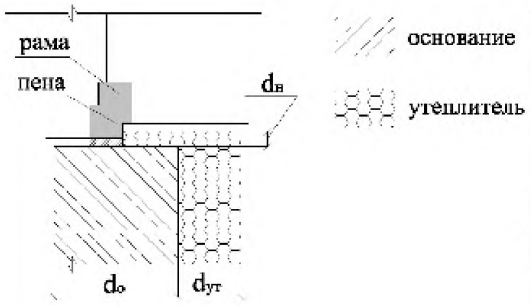
- нахлест утеплителя, $d_н$ мм
- термическое сопротивление слоя утеплителя, $R_{ут}$, м^2 °С/Вт
- теплопроводность основания, $\lambda_о$, Вт/(м°С).

Толщина основания 250 мм.

Толщина рамы 70 мм.

Таблица Е.27

Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного к стене с внутренним утеплением.



$d_н$=0 мм			
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,0	0,038	0,125	0,238
$R_{ут}$=2,5	0,054	0,156	0,275
$d_н$=20 мм			
$R_{ут}$=1,0	0,010	0,037	0,060
$R_{ут}$=2,5	0,019	0,052	0,075
$d_н$=60 мм			
$R_{ут}$=1,0	0	0	0
$R_{ут}$=2,5	0	0	0