ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Гагарин Владимир Геннадьевич
д.т.н., проф., член-корр. РААСН

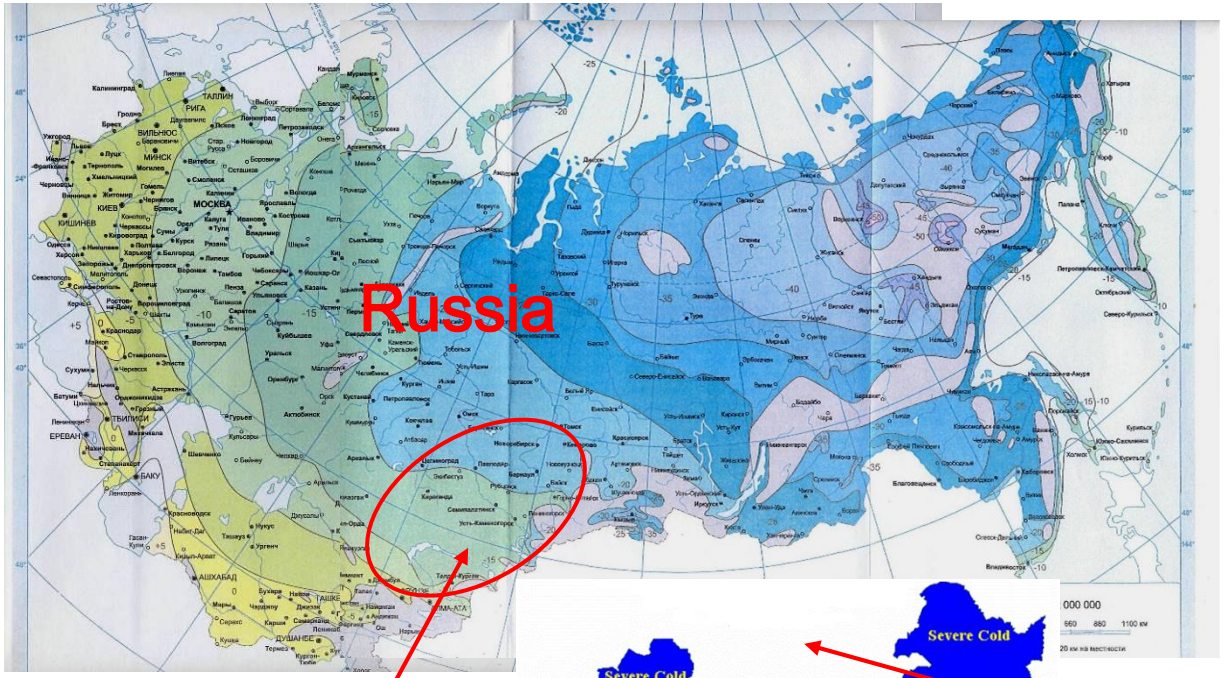
Лаборатория строительной теплофизики
НИИ строительной физики РААСН
Кафедра отопления и вентиляции МГСУ

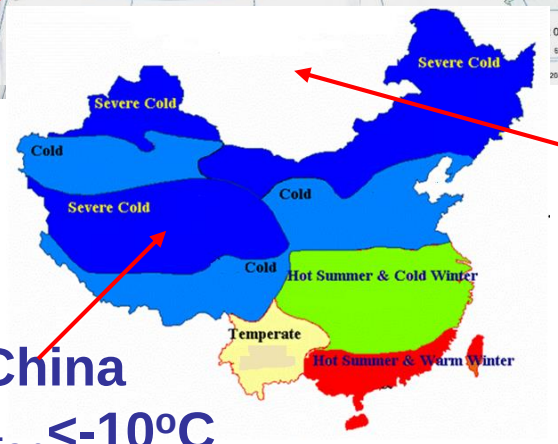
Москва, 6 июля 2016 г.

Суровые климатические условия России

Существуют четыре страны с суровым климатом: Россия, Казахстан, Монголия, Китай

Зонирование территории б. СССР и Китая при средней температуре воздуха в январе





Kazakhstan
t_{jan}<-10°C

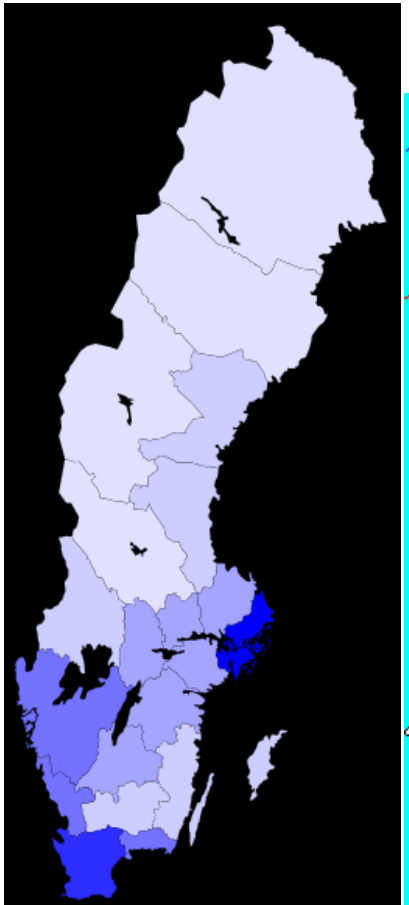
Mongolia
t_{jan}<-20°C

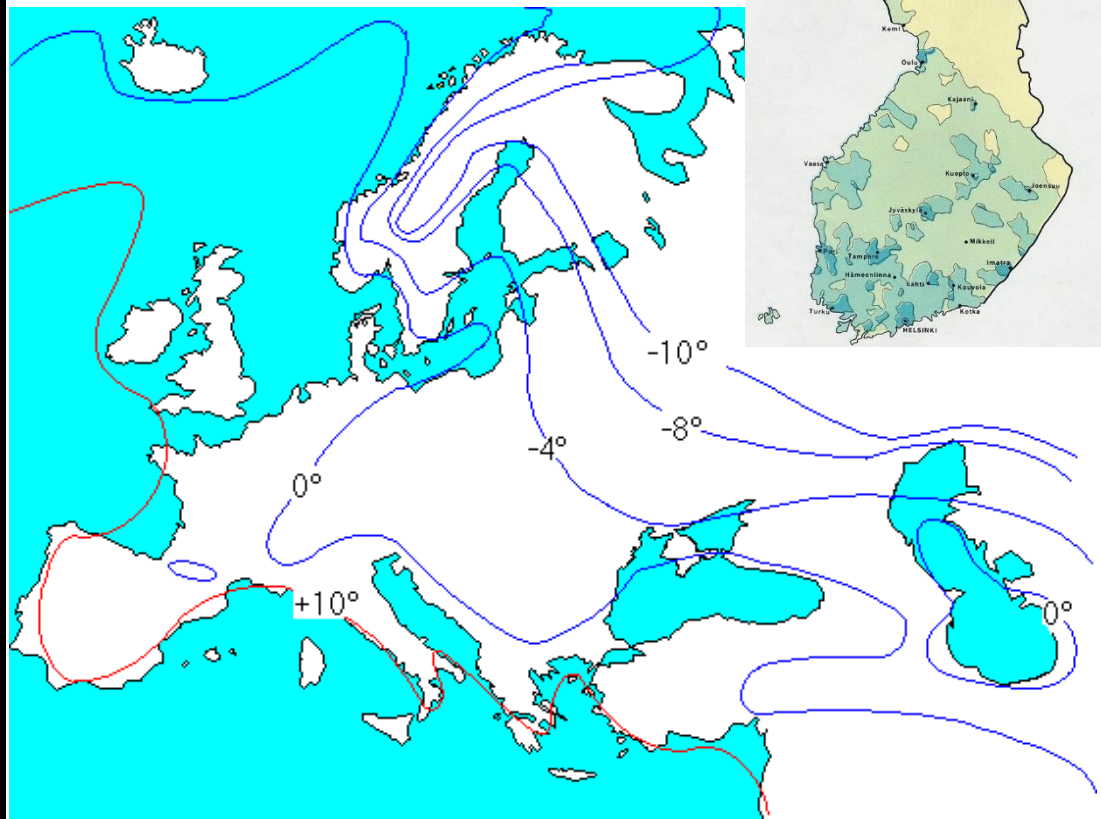
China
t_{jan}<-10°C

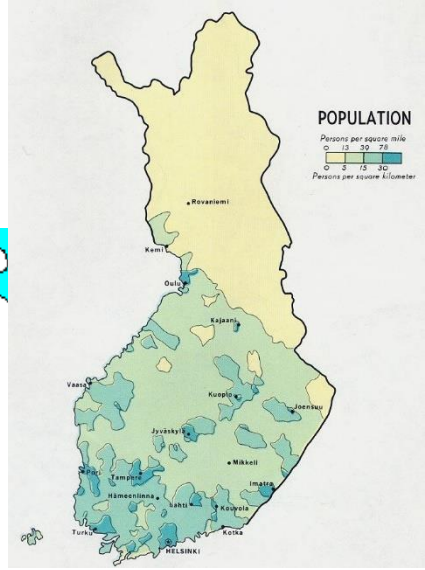
Почти никто в Европе не живет в условиях сурового климата

Плотность населения в Финляндии

Плотность населения в Швеции







Почти все население России живет в суровых климатических условиях

Плотность населения в России

Средняя месячная температура в июле на территории б. СССР

Распределение температуры летом типично для северного полушария.

Чем дальше на юг, тем теплее.

Основной нормативный документ в России по энергосбережению в зданиях.

МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНРЕГИОН РОССИИ)

ПРИКАЗ

от "30" июня 2012 г. № 265

Об утверждении свода правил «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»

В соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2010, № 1, ст. 5), постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2008, № 48, ст. 5608), пунктом 5.3.15 Положения о Министерстве регионального развития Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 26 января 2005 г. № 40 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2005, № 5, ст. 390; 2007, № 45, ст. 5488), **приказываю:**

1. Утвердить и ввести в действие с 1 июля 2013 г. свод правил «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» согласно приложению к настоящему приказу.

2. Департаменту архитектуры, строительства и градостроительной политики (Д.В. Шаповал) передать копию настоящего приказа Федеральному автономному учреждению «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» для изготовления и распространения свода правил «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

И.о. Министра С.В. Верещагин

Содержание СП 50.13330.2012

1 Область применения

2 Нормативные ссылки

3 Термины и определения

4 Общие положения

5 Тепловая защита зданий

6 Теплоустойчивость ограждающих конструкций

7 Воздухопроницаемость ограждающих конструкций

8 Защита от переувлажнения ограждающих конструкций

9 Теплоусвоение поверхности полов

10 Требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий

Обязательные приложения к СП 50.13330.2012

Приложение А	**Перечень нормативных документов**
Приложение Б	**Термины и определения**
Приложение В	**Карта зон влажности**
Приложение Г	**Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление жилых и общественных зданий**
Приложение Е	**Расчет приведенного сопротивления теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающие конструкции**
Приложение Ж	**Расчет удельной теплозащитной характеристики здания**

Рекомендуемые приложения к СП 50.13330.2012

Приложение К	**Расчет приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций**
Приложение Л	**Методика теплофизического расчета навесных фасадных систем с вентилируемой воздушной прослойкой**

Справочные приложения к СП 50.13330.2012

Приложение Д	**Форма для заполнения энергетического паспорта проекта здания**
Приложение И	**Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции**
Приложение М	**Сопротивления паропроницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции**
Приложение Н	**Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче фасада жилого здания с использованием расчетов температурных полей**
Приложение О	**Пример расчета удельной теплозащитной характеристики здания**
Приложение П	**Пример составления раздела «Энергоэффективность» проекта жилого дома**
Приложение Р	**Сопротивления воздухопроницанию слоев конструкций**
Приложение С	**Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий**

Требования к теплозащите и энергосбережению в СП 50.13330.2012

Структура требований по энергосбережению и теплозащите в СНиП

- Требования к сопротивлению теплопередаче отдельных ограждающих конструкций.
- Требование к удельным теплопотерям через оболочку здания.
- Требование к удельному потреблению энергии на отопление и вентиляцию здания.

Требования к тепловой защите актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (СП-13330)

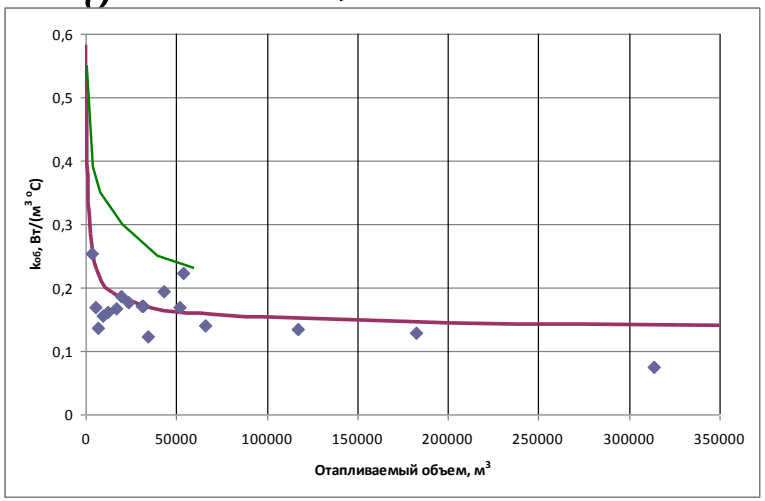
1. Поэлементные требования

$$R_o^{норм} = m_p \cdot R_o^{тр}$$

$$R_o^{пр} \geq R_o^{норм}$$

Для стен $m_p \geq 0{,}63$

Пример: для Москвы $R_o^{тр} = 3{,}13$ $R_o^{норм} = 1{,}98$ м^2 °С/Вт



2. Комплексное требование

$$k_{об} \leq k_{об}^{тр} \qquad k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ}$$

3. Требование к потреблению энергии

$$q_{от}^{р} \leq q_{от}^{тр}$$

$$q_{от}^{р} = \left[k_{об} + k_{вент} - \left(k_{быт} + k_{рад}\right) \cdot \nu \cdot \zeta\right] \cdot \left(1 - \xi\right) \cdot \beta_h$$

Основы расчета сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций для определения нагрузки на системы отопления зданий

Требуемые значения сопротивлений теплопередаче ограждений зданий.

Здания и помещения, коэффициенты	Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С·сут/год	Требуемые значения сопротивлений теплопередаче, м²·°С/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
2 Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
3 Производственные с сухим и нормальным режимами*	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45

Требуемые значения сопротивлений теплопередаче ограждений жилых зданий.

$$R_o^{норм} = R_o^{тр} m_p$$

Для стен $m_p \geq 0{,}63$

Для покрытий $m_p \geq 0{,}80$

ГСОП, (°С сут.)/год	Значения требуемого сопротивления теплопередаче для ограждающих конструкций , м² °С/Вт			
	стен	покрытий и перекрытий над проездами	чердачных перекрытий	окон и балконных дверей
2000	2,1	3,2	2,8	0,30
4000	2,8	4,2	3,7	0,45
6000	3,5	5,2	4,6	0,60
8000	4,2	6,2	5,5	0,70
10000	4,9	7,2	6,4	0,75
12000	5,6	8,2	7,3	0,80

Сравнение с DIN 4108

nabonnement - Haniel Baustoffindustrie - Kd.-Nr. 44445679 - Abo-Nr. 00828728/002/001 - 2004-06-28

Tabelle 3 — Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände von Bauteilen

Spalte		1		2
Zeile		Bauteile		Wärmedurchlasswiderstand, R $m^2 \cdot K/W$
1		Außenwände; Wände von Aufenthaltsräumen gegen Bodenräume, Durchfahrten, offene Hausflure, Garagen, Erdreich		1,2
2		Wände zwischen fremdgenutzten Räumen; Wohnungstrennwände		0,07
3		Treppenraumwände	zu Treppenräumen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen (z. B. indirekt beheizte Treppenräume); Innentemperatur $\theta \leq 10$ °C, aber Treppenraum mindestens frostfrei	0,25
4			zu Treppenräumen mit Innentemperaturen $\theta_i > 10$ °C (z. B. Verwaltungsgebäuden, Geschäftshäusern, Unterrichtsgebäuden, Hotels, Gaststätten und Wohngebäude)	0,07
5		Wohnungstrenndecken, Decken zwischen fremden Arbeitsräumen; Decken unter Räumen zwischen gedämmten Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen	allgemein	0,35
6			in zentralbeheizten Bürogebäuden	0,17
7		Unterer Abschluss nicht unterkellerter Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich bis zu einer Raumtiefe von 5 m	0,90
8			über einen nicht belüfteten Hohlraum an das Erdreich grenzend	
9		Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen; Decken unter benachbarten oder noch niedrigeren Räumen; Decken unter belüfteten Räumen zwischen Dachschrägen und Abseitenwänden bei ausgebauten Dachräumen, wärmegedämmte Dachschrägen		
10		Kellerdecken; Decke gegen abgeschlossene, unbeheizte Hausflure u. ä.		
11	11.1	Decken (auch Dächer), die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten, gegen Garagen (auch beheizte), Durchfahrten (auch verschließbare) und belüftete Kriechkeller[a]	1,75
	11.2		nach oben, z. B. Dächer nach DIN 18530, Dächer und Decken unter Terrassen; Umkehrdächer nach 5.3.3. Für Umkehrdächer ist der berechnete Wärmedurchgangskoeffizient U nach DIN EN ISO 6946 mit den Korrekturwerten nach Tabelle 4 um ΔU zu berechnen.	1,2

[a] Erhöhter Wärmedurchlasswiderstand wegen Fußkälte.

Сравнение с Китайскими нормами

. JGJ26-2010 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в зонах с суровым и холодным климатом».

围护结构单元的平均传热系数应考虑热桥的影响，按式3.4.6计算：

$$K_m = K + \frac{\sum \psi_j l_j}{A}$$

式中： K_m ——围护结构单元的平均传热系数 [W/(m²·K)]

Coefficient to heat transfer

$$K_m = 1/R_o^r = \sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k$$

Оригинал требований к тепловой защите зданий

表 4.2.2-1　严寒(A)区围护结构热工性能参数限值

围护结构部位		传热系数 K[W/(m²·K)]		
		≤3 层建筑	(4~8)层的建筑	≥9 层建筑
屋　面		0.20	0.25	0.25
外　墙		0.25	0.40	0.50
架空或外挑楼板		0.30	0.40	0.40
非采暖地下室顶板		0.35	0.45	0.45
分隔采暖与非采暖空间的隔墙		1.2	1.2	1.2
分隔采暖与非采暖空间的户门		1.5	1.5	1.5
阳台门下部门芯板		1.2	1.2	1.2
外窗	窗墙面积比≤0.2	2.0	2.5	2.5
	0.2<窗墙面积比≤0.3	1.8	2.0	2.2
	0.3<窗墙面积比≤0.4	1.6	1.8	2.0
	0.4<窗墙面积比≤0.45	1.5	1.6	1.8
围护结构部位		保温材料层热阻 R[(m²·K)/W]		
周边地面		1.70	1.40	1.10
地下室外墙(与土壤接触的外墙)		1.80	1.50	1.20

表 4.2.2-2　严寒(B)区围护结构热工性能参数限值

围护结构部位		传热系数 K[W/(m²·K)]		
		≤3 层建筑	(4~8)层的建筑	≥9 层建筑
屋　面		0.25	0.30	0.30
外　墙		0.30	0.45	0.55
架空或外挑楼板		0.30	0.45	0.45
非采暖地下室顶板		0.35	0.50	0.50
分隔采暖与非采暖空间的隔墙		1.2	1.2	1.2
分隔采暖与非采暖空间的户门		1.5	1.5	1.5
阳台门下部门芯板		1.2	1.2	1.2

续表 4.2.2-2

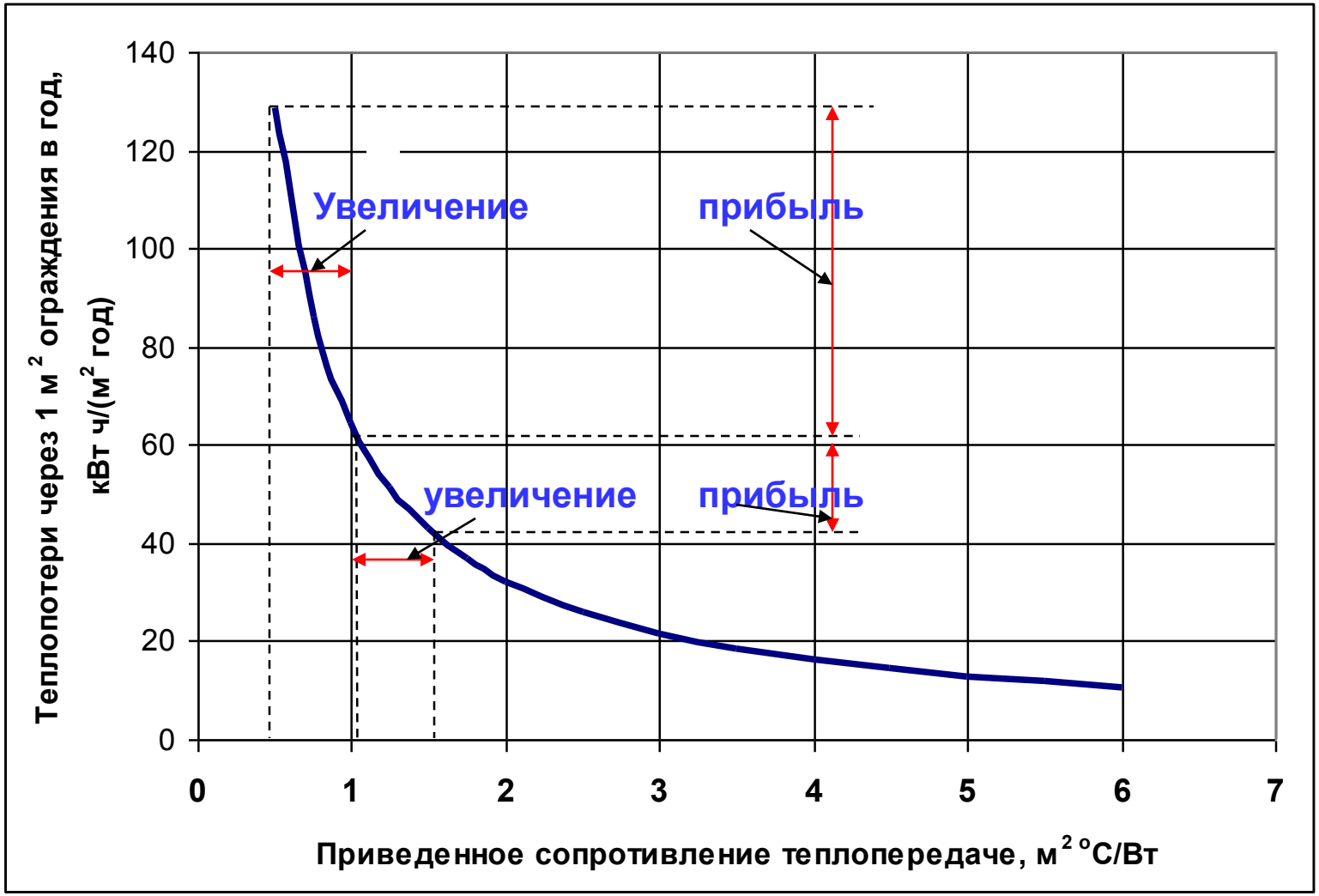
围护结构部位		传热系数 K[W/(m²·K)]		
		≤3 层建筑	(4~8)层的建筑	≥9 层建筑
外窗	窗墙面积比≤0.2	2.0	2.5	2.5
	0.2<窗墙面积比≤0.3	1.8	2.2	2.2
	0.3<窗墙面积比≤0.4	1.6	1.9	2.0
	0.4<窗墙面积比≤0.45	1.5	1.7	1.8
围护结构部位		保温材料层热阻 R[(m²·K)/W]		
周边地面		1.40	1.10	0.83
地下室外墙(与土壤接触的外墙)		1.50	1.20	0.91

表 4.2.2-3　严寒(C)区围护结构热工性能参数限值

围护结构部位		传热系数 K[W/(m²·K)]		
		≤3 层建筑	(4~8)层的建筑	≥9 层建筑
屋　面		0.30	0.40	0.40
外　墙		0.35	0.50	0.60
架空或外挑楼板		0.35	0.50	0.50
非采暖地下室顶板		0.50	0.60	0.60
分隔采暖与非采暖空间的隔墙		1.5	1.5	1.5
分隔采暖与非采暖空间的户门		1.5	1.5	1.5
阳台门下部门芯板		1.2	1.2	1.2
外窗	窗墙面积比≤0.2	2.0	2.5	2.5
	0.2<窗墙面积比≤0.3	1.8	2.2	2.2
	0.3<窗墙面积比≤0.4	1.6	2.0	2.0
	0.4<窗墙面积比≤0.45	1.5	1.8	1.8
围护结构部位		保温材料层热阻 R[(m²·K)/W]		
周边地面		1.10	0.83	0.56
地下室外墙(与土壤接触的外墙)		1.20	0.91	0.61

Ограждающие конструкции составляющие оболочку здания		*Коэффициенты теплопередачи, U, Вт/(м² К) при этажности здания*		
		≤ 3	*4 - 8*	*≥9*
Безчердачное покрытие		*0.20*	*0.25*	*0.25*
Наружная стена		*0.25*	*0.40*	*0.50*
Перекрытие над балконом		*0.30*	*0.40*	*0.40*
Перекрытие над неотапливаемыми подвалами		*0.35*	*0.35*	*0.45*
Разделяющие стены между отопительными и холодными помещениями		*1.2*	*1.2*	*1.2*
Двери между отапливаемым и холоднымпо мещениями		*1.5*	*1.5*	*1.5*
Двери балконов		*1.2*	*1.2*	*1.2*
Окона	Коэффициент остекленности ≤0.2	*2.0*	*2.5*	*2.5*
	0.2≤ Коэффициент остекленности ≤0.3	*1.8*	*2.0*	*2.2*
	0.3≤ Коэффициент остекленности ≤0.4	*1.6*	*1.8*	*2.0*
	0.4≤ Коэффициент остекленности ≤0.45	*1.5*	*1.6*	*1.8*
Ограждающие конструкции составляющие оболочку здания		*Термическое сопротивление слоятеплоизоля- ционного материала [(м² К)/Вт]*		
Сопредельный пол со стеной		*1.70*	*1.40*	*1.10*
Наружные стены подвалов		*1.80*	*1.50*	*1.20*

Чем больше сопротивление теплопередаче, тем менее выгодно его увеличивать дальше

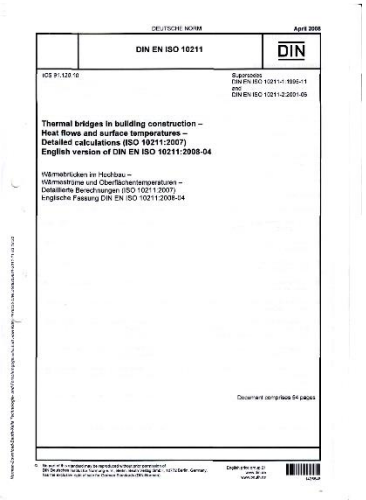


Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (СП 50-13330).

$$R_o^{пр} = \frac{1}{U + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} \qquad R_o^{пр} \geq R_o^{норм}$$

$$\Delta U = \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k$$

Упор сделан на снижение теплопотерь через теплотехнические неоднородности.



DEUTSCHE NORM April 2008

DIN EN ISO 10211 DIN

ICS 91.120.10

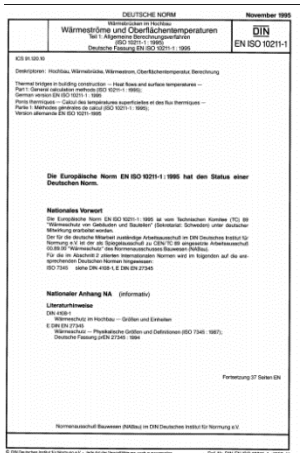
Supersedes
DIN EN ISO 10211-1: 1995-11
and
DIN EN ISO 10211-2:2001-05

Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations (ISO 10211:2007) English version of DIN EN ISO 10211:2008-04

Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Detaillierte Berechnungen (ISO 10211:2007) Englische Fassung DIN EN ISO 10211:2008-04

Document comprises 64 pages

Расчет гармонизирован с EN ISO 10211 «Berechnung der Wearmestreome und Oberfleachentemperaturen.



DEUTSCHE NORM November 1995

Wärmebrücken im Hochbau
Wärmeströme und Oberflächentemperaturen
Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren
ISO 10211-1: 1995
Deutsche Fassung EN ISO 10211-1 : 1995

DIN EN ISO 10211-1

ICS 91.120.10

Deskriptoren: Hochbau, Wärmebrücke, Wärmestrom, Oberflächentemperatur, Berechnung

Thermal bridges in building construction — Heat flows and surface temperatures — Part 1: General calculation methods (ISO 10211-1: 1995); German version EN ISO 10211-1: 1995

Ponts thermiques — Calcul des températures superficielles et des flux thermiques — Partie 1: Méthodes générales de calcul (ISO 10211-1: 1995); Version allemande EN ISO 10211-1995

Die Europäische Norm EN ISO 10211-1 : 1995 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN ISO 10211-1: 1995 ist vom Technischen Komitee (TC) 89 "Wärmeschutz im Hochbau und Sauklehm" (Sekretariat: Schweden) unter deutscher Mitwirkung erarbeitet worden.

Der für die deutsche Mitarbeit zuständige Arbeitsausschuß im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. ist der als Spiegelausschuß zu CEN TC 89 eingesetzte Arbeitsausschuß 03.89.00 "Wärmeschutz" des Normenausschusses Bauwesen (NABau).

Für die in Abschnitt 2 zitierten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 7345 siehe DIN 4108-5, E DIN EN 27345

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 4108-5
Wärmeschutz im Hochbau — Größen und Einheiten

E DIN EN 27345
Wärmeschutz — Physikalische Größen und Definitionen (ISO 7345: 1987); Deutsche Fassung prEN 27345 : 1994

Fortsetzung 37 Seiten EN

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Классификация теплотехнических неоднородностей

Плоский элемент

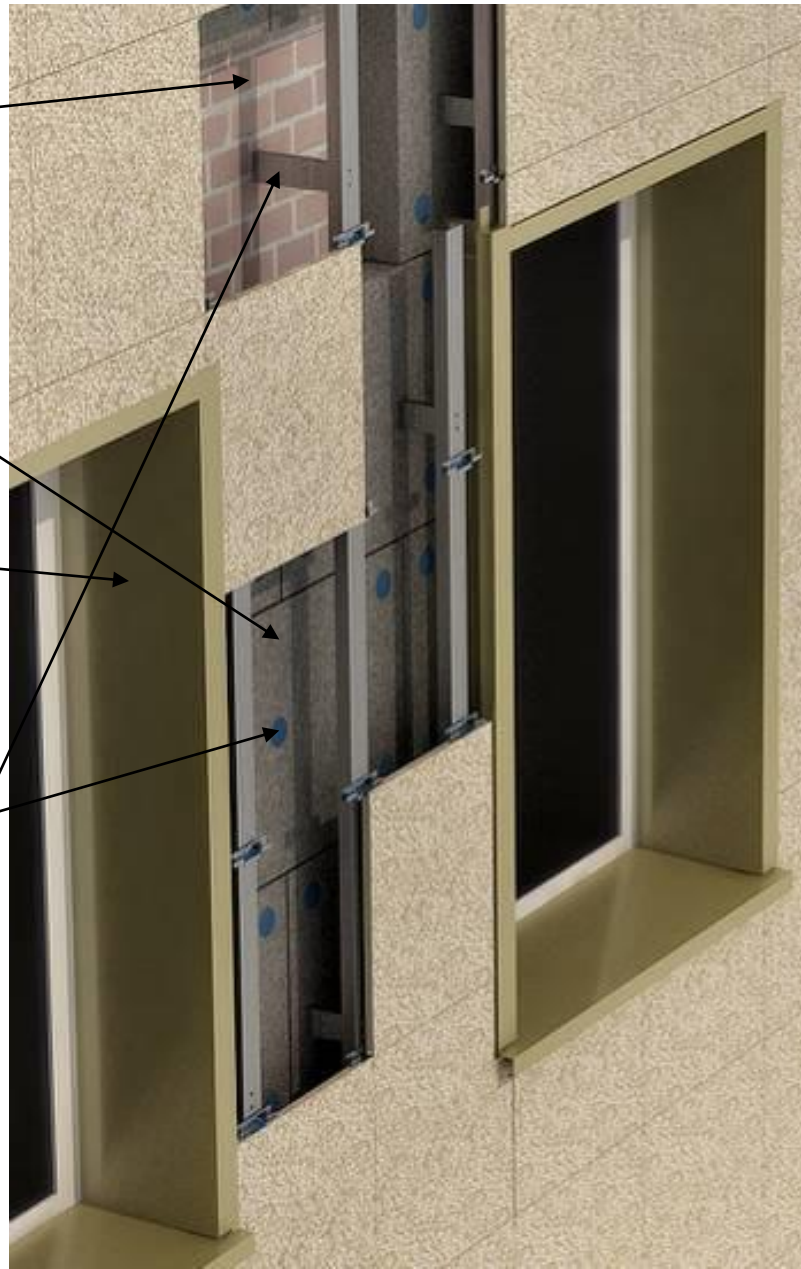
U Вт/(м^2 ^{o}С)

Линейный элемент

Ψ Вт/(м ^{o}С)

Точечный элемент

χ Вт/(^{o}С)



Определения потерь теплоты через теплотехнические неоднородности.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_в} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_н}}$$

По глади конструкции

Ψ **Через линейную теплотехническую неоднородность**

χ **Через точечную теплотехническую неоднородность**

Ψ χ **Определяются путем расчета температурных полей или по таблицам**

Для расчета тепловой нагрузки на систему отопления здания

Гармонизация с австрийскими нормами ISO/FDIS 13789:2007 «Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren»

4.3 Direkte Transmission zwischen Innenraum und Außenumgebung

Der spezifische Transmissionswärmedurchgangskoeffizient durch die Bauteile, die den konditionierten Raum und die Außenluft voneinander trennen, wird entweder direkt mit Hilfe von numerischen Verfahren nach ISO 10211 oder nach Gleichung (2) berechnet:

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j \qquad (2)$$

$$H_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \Psi_k + \sum_j \chi_j$$

Гармонизация со шведскими нормами

Boverkets byggregler – föreskrifter och allmänna råd, BBR **BFS 2011:6**

Konsoliderad version

Konsoliderad version – senast ändrad genom BFS 2015:3 BBR 22

Genomsnittlig värmegenomgångs-koefficient U_m

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor (W/m^{2}K) bestämd enligt SS-EN ISO 13789:2007 och SS 24230 (2) samt beräknad enligt nedanstående formel,

$$U_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} U_i A_i + \sum_{k=1}^{m} l_k \Psi_k + \sum_{j=1}^{p} \chi_j\right)}{A_{om}}$$

Гармонизация с Китайскими нормами

1. GB50736-2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (на китайском).
2. JGJ26-2010 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в зонах с суровым и холодным климатом».
3. JGJ134-2010 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в зонах с переходным климатом».
4. JGJ75-2003 «Проектирование энергосбережения жилых зданий в зонах с теплым климатом».
5. GB50189-2005 «Проектирование энергосбережения в общественных зданиях».
6. GBT50176-1993 «Теплотехническое проектирование гражданских зданий».

UDC

中华人民共和国行业标准 JGJ

JGJ 26 – 2010

P

备案号 J 997 – 2010

严寒和寒冷地区居住建筑
节能设计标准

Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zones

2010 – 03 – 18 发布 2010 – 08 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

Гармонизация с Китайскими нормами

围护结构单元的平均传热系数应考虑热桥的影响，按式3.4.6计算：

$$K_m = K + \frac{\sum \psi_j l_j}{A}$$

式中： K_m ——围护结构单元的平均传热系数 [W/(m²·K)]

Коэффициент теплопередачи

$$K_m = 1/R_o^r = \sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k$$

Расчет тепловой нагрузки на систему отопления с использованием приведенного сопротивления теплопередаче

$$R_o^{np} = 1 \Big/ \left[\sum U_i \frac{A_i}{A} + \sum \Psi_j \frac{L_j}{A} + \sum \chi_k \frac{N_k}{A} \right]$$

$$Q_t = K \cdot A \cdot (t_в - t_н) \cdot (1 + \Sigma\beta)$$

$$K = \frac{1}{R_o^{np}} = \left[\Sigma(a_i \cdot U_i) + \Sigma(l_j \cdot \psi_j) + \Sigma(n_k \cdot \chi_k) \right]$$

В каждом помещении есть собственный уникальный коэффициент теплопередачи, но мы считаем для всего здания.

$$H = K \cdot A = \left[\Sigma(A_i \cdot U_i) + \Sigma(L_j \cdot \psi_j) + \Sigma(N_k \cdot \chi_k) \right]$$

$$Q_t = H \cdot (t_в - t_н) \cdot (1 + \Sigma\beta)$$

Матричный метод для определения трансмиссионных потерь теплоты здания

Составление матриц и их умножение

$$Q_t = \Delta T \cdot H$$

Q_t **Вектор –столбец трансмиссионных теплопотерь для помещения, W**

H **Вектор-столбец удельных трансмиссионных тепловых потерь помещения через наружные ограждения, W/°C**

ΔT **Диагональная матрица разниц температур между внутренним и наружным воздухом, °C**

$$Q_t = \begin{pmatrix} Q_{t1} \\ Q_{t2} \\ Q_{t3} \\ \dots \\ Q_{tn} \end{pmatrix}$$

H - Матрица

$$H = G \cdot F$$

$$H = \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ \dots \\ H_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1m} & L_{11} & L_{12} & \dots & L_{1m} & N_{11} & N_{12} & \dots & N_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2m} & L_{21} & L_{22} & \dots & L_{2m} & N_{21} & N_{22} & \dots & N_{2m} \\ A_{31} & A_{32} & \dots & A_{3m} & L_{31} & L_{32} & \dots & L_{3m} & N_{31} & N_{32} & \dots & N_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nm} & L_{n1} & L_{n2} & \dots & L_{nm} & N_{n1} & N_{n2} & \dots & N_{nm} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_m \\ \psi_1 \\ \psi_2 \\ \dots \\ \psi_m \\ \chi_1 \\ \chi_2 \\ \dots \\ \chi_m \end{pmatrix}$$

$$F = \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_m \\ \psi_1 \\ \psi_2 \\ \dots \\ \psi_m \\ \chi_1 \\ \chi_2 \\ \dots \\ \chi_m \end{pmatrix}$$

F- матрица

U_m, ψ_m, χ_m **Удельный поток теплоты через плоскую, линейную и точечную теплотехническую неоднородность**

U **W/(m^2 ^{o}C)**

Ψ **W/(m ^{o}C)**

χ **W/(^{o}C)**

G - матрица

$$G = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1m} & L_{11} & L_{12} & \dots & L_{1m} & N_{11} & N_{12} & \dots & N_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2m} & L_{21} & L_{22} & \dots & L_{2m} & N_{21} & N_{22} & \dots & N_{2m} \\ A_{31} & A_{32} & \dots & A_{3m} & L_{31} & L_{32} & \dots & L_{3m} & N_{31} & N_{32} & \dots & N_{3m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nm} & L_{n1} & L_{n2} & \dots & L_{nm} & N_{n1} & N_{n2} & \dots & N_{nm} \end{pmatrix}$$

Сравнение методик расчета приведенного сопротивления теплопередаче

СНиП 23.02.2003 $R_o^{пр} = r \cdot R_o$

$$R_o = 1/U = 1/\alpha_в + \sum \delta/\lambda + 1/\alpha_н$$

СП 50.13330.2012

$$R_o^{пр} = 1 \Big/ \left[\sum U_i \frac{A_i}{A} + \sum \Psi_j \frac{L_j}{A} + \sum \chi_k \frac{N_k}{A} \right]$$

$$U_i = \frac{\Delta Q_i}{(t_в - t_н) A_i} \qquad \Psi_j = \frac{\Delta Q_j}{(t_в - t_н) L_j} \qquad \chi_k = \frac{\Delta Q_k}{(t_в - t_н) N_k}$$

$$a_i = \frac{A_i}{A} \qquad l_j = \frac{L_j}{A} \qquad n_k = \frac{N_k}{A}$$

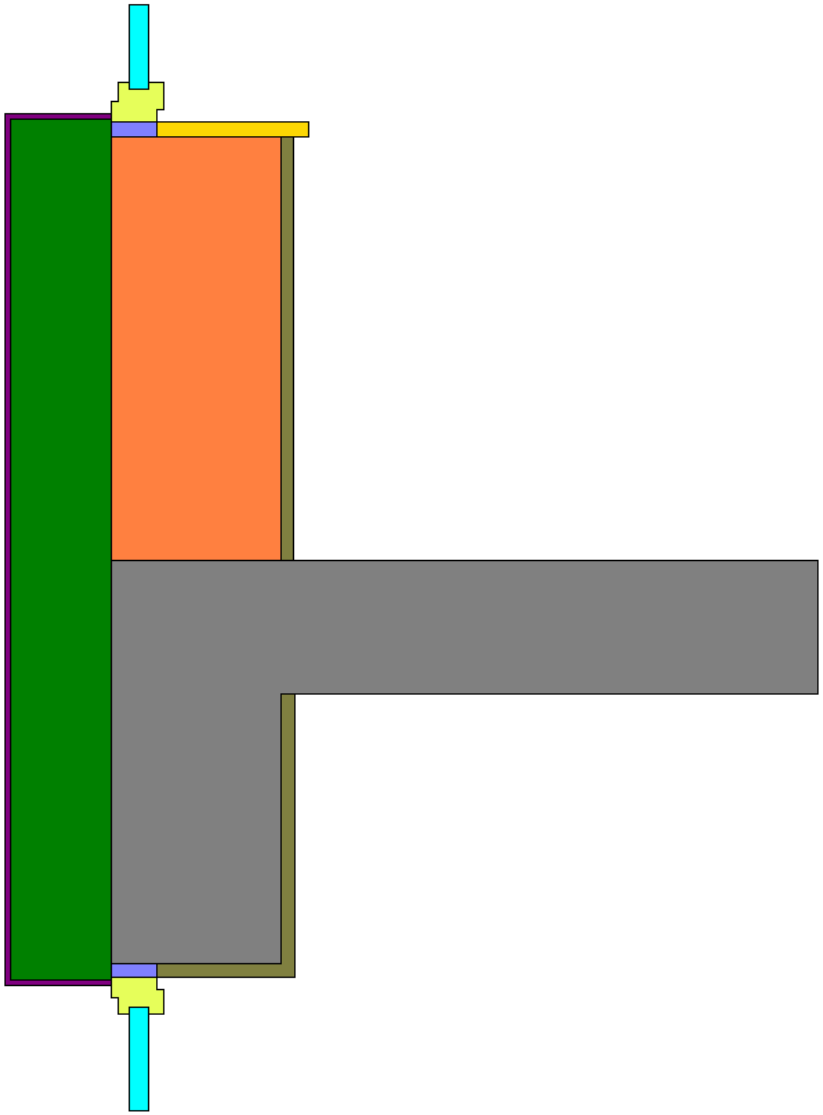
$$\boxed{R_o^{пр} = \frac{1}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_j l_j + \sum \chi_k n_k}}$$

$$\boxed{r = \frac{\sum U_i a_i}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_j l_j + \sum \chi_k n_k}}$$

Пример расчета по температурным полям.

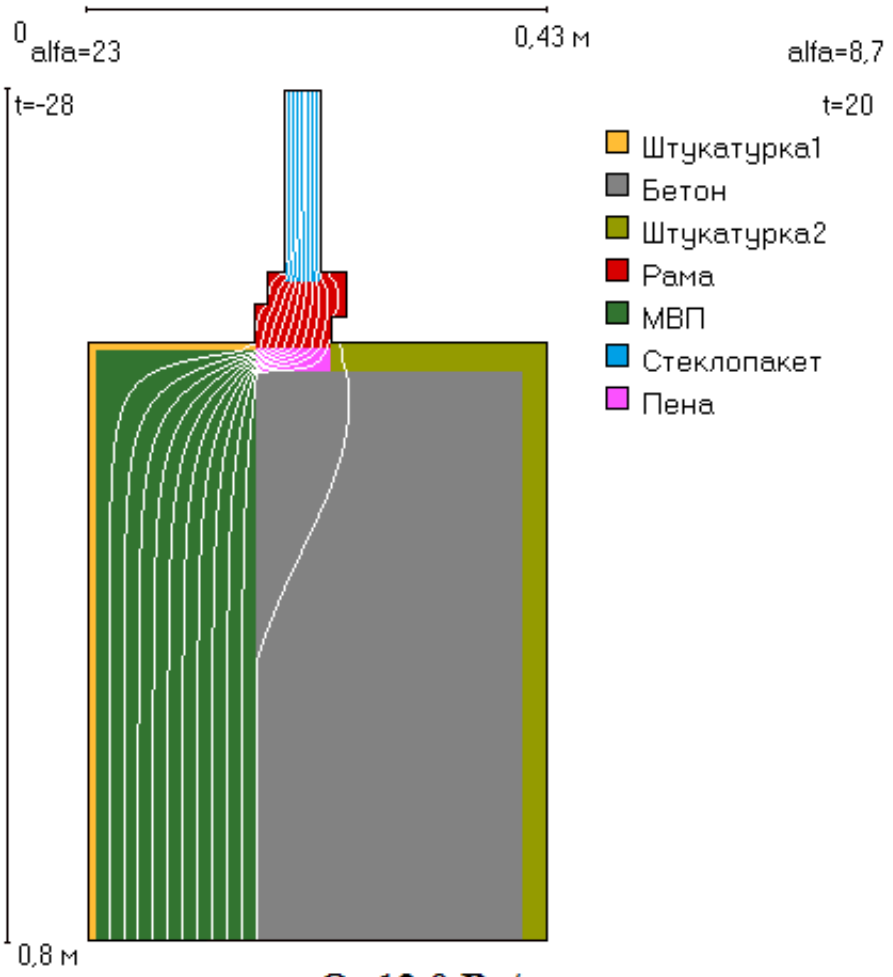
Расчет приведенного сопротивления теплопередаче стены со штукатурным фасадом с тонким штукатурным слоем.

Вертикальный разрез стены с теплоизоляционным фасадом WDVS

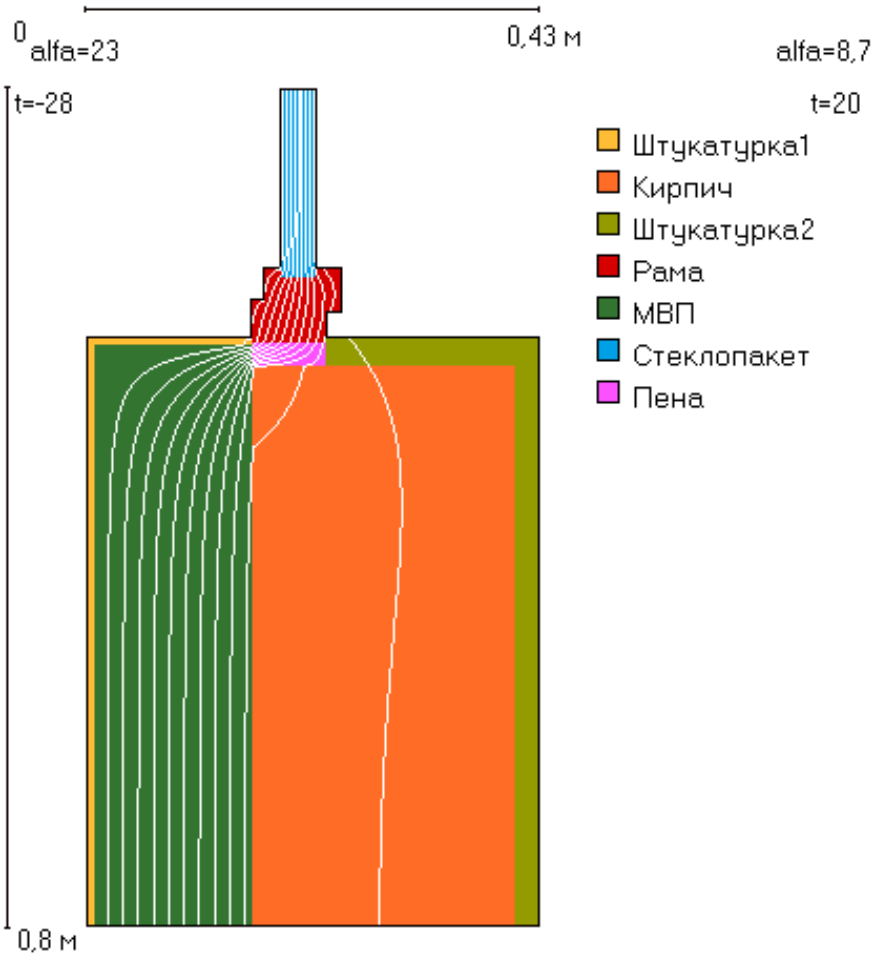


Температурные поля для расчета приведенного сопротивления теплопередаче

Линейный элемент 1

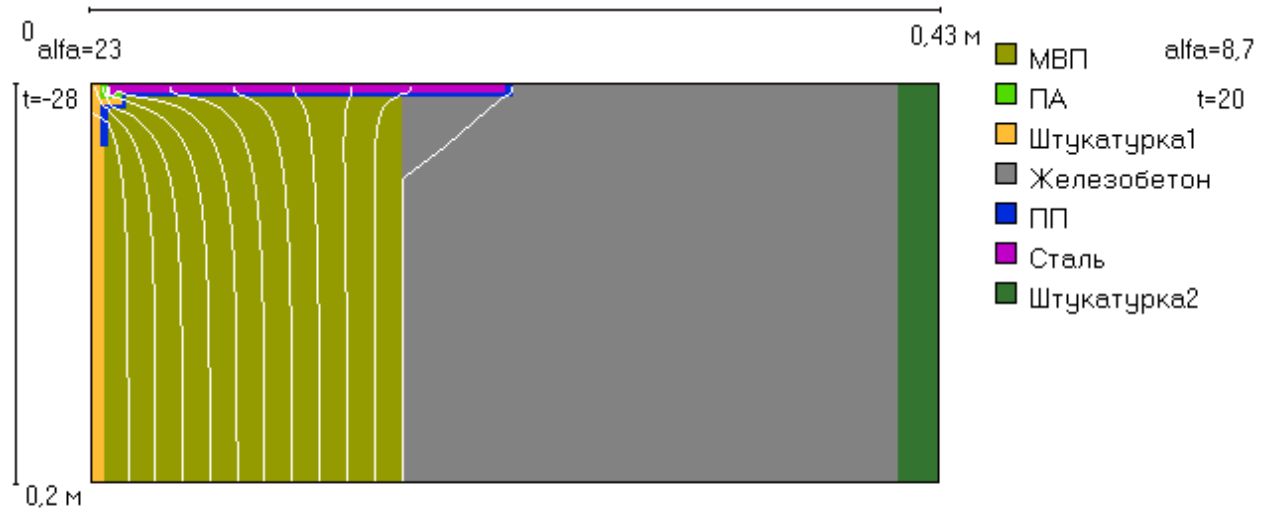


Q=12,0 Вт/м

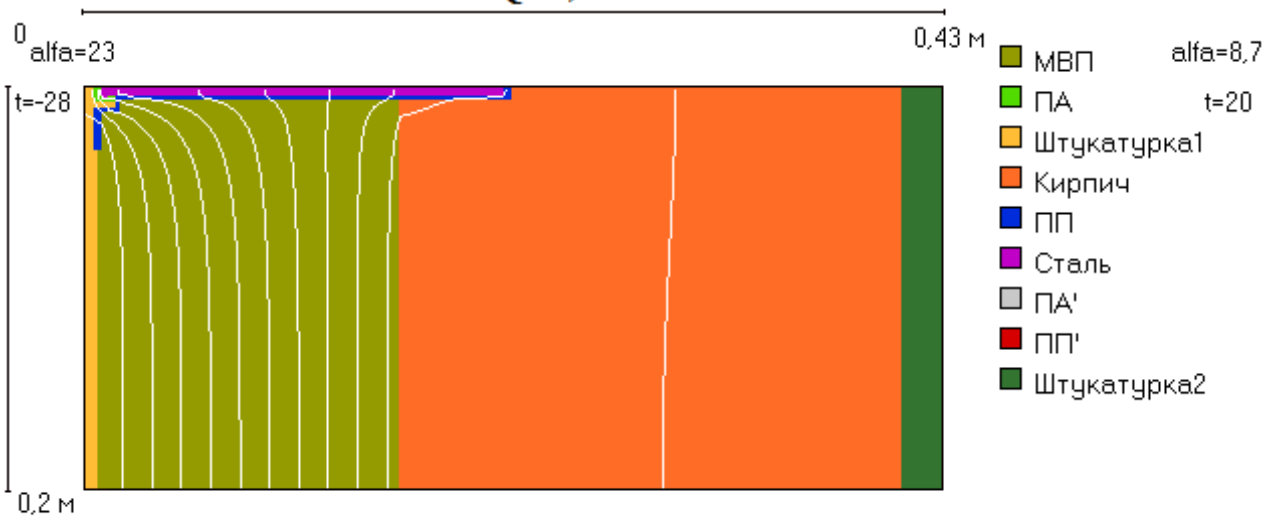


Q=11,2 Вт/м

Температурные поля для расчета приведенного сопротивления теплопередаче



Q=1,90 Вт



Q=1,80 Вт

Элемент фрагмента	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Часть общего потока теплоты через фрагмент, %
Железобетонный ригель с участком перекрытия	a_1 = 0,232 м²/м²	U_1 = 0,275 Вт/(м² °С)	$U_1 a_1$ =0,0638 Вт/(м² °С)	17,5
Кирпичная кладка	a_2 = 0,768 м²/м²	U_2 = 0,262 Вт/(м² °С)	$U_2 a_2$ =0,201 Вт/(м² °С)	55,2
Оконный откос, образованный железобетонным ригелем	l_1 = 0,149 м/м²	Ψ_1 = 0,104 Вт/(м °С)	$\Psi_1 l_1$ =0,0155 Вт/(м² °С)	4,26
Оконный откос, образованный кирпичной кладкой	l_2 = 0,476 м/м²	Ψ_2 = 0,094 Вт/(м °С)	$\Psi_2 l_2$ =0,0447 Вт/(м² °С)	12,3
Дюбель со сталь-ным сердечником на железобетонном ригеле	n_1 = 1,85 шт/м²	χ_1 = 0,0052 Вт/(°С)	$\chi_1 n_1$ =0,00962 Вт/(м² °С)	2,64
Дюбель со сталь-ным сердечником на кирпичной кладке	n_2 = 6,15 шт/м²	χ_2 = 0,0048 Вт/(°С)	$\chi_2 n_2$ =0,0295 Вт/(м² °С)	8,10
			0,364	100%

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции WDVS

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\sum U_i a_i + \sum \Psi_j l_j + \sum K_k n_k}$$

$$R_o = \frac{1}{0{,}0638 + 0{,}201} = 3{,}82 \ м^{2o}C / Вт$$

$$R_o^{пр} = \frac{1}{0{,}0638 + 0{,}201 + 0{,}0155 + 0{,}0447 + 0{,}00962 + 0{,}0295} = \frac{1}{0{,}364}$$

$$= 2{,}75 \quad м^{2o}C / Вт$$

$$r_{i_0} = \frac{2{,}75}{3{,}82} = 0{,}72$$

Расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции с использованием СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».

94

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНСТРОЙ РОССИИ)

ПРИКАЗ

от "8" апреля 2015 г. № 261/пр

Москва

Об утверждении свода правил «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»

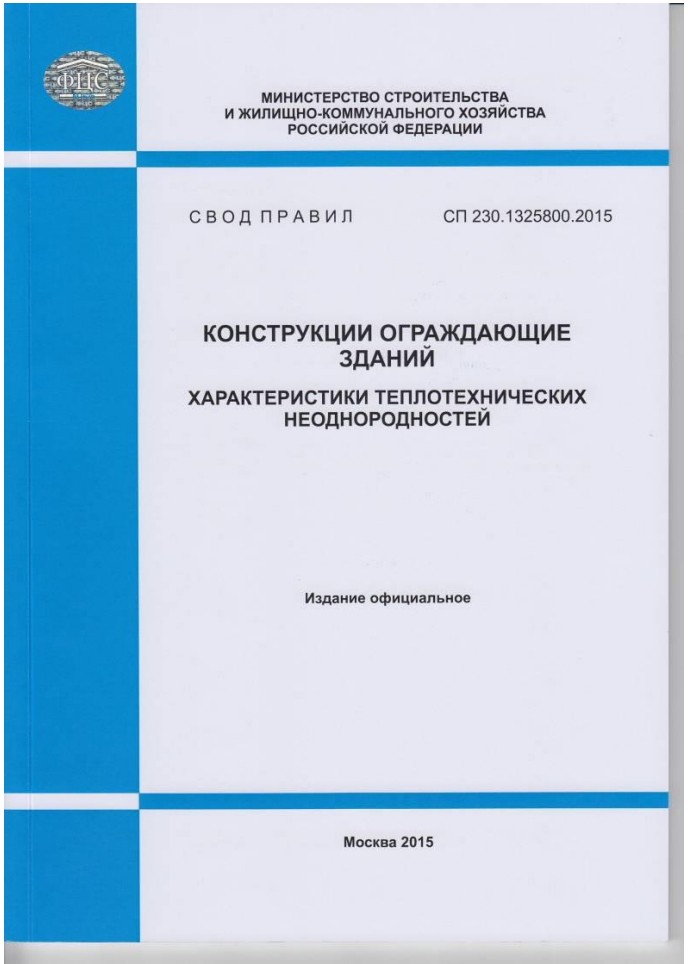
В соответствии со статьей 16 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Правилами разработки и утверждения сводов правил, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. № 858, подпунктом 5.2.9 пункта 5 Положения о Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1038, **приказываю:**

1. Утвердить и ввести в действие с 30 апреля 2015 года прилагаемый свод правил «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей».

2. Департаменту градостроительной деятельности и архитектуры обеспечить опубликование на официальном сайте Минстроя России в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» текста утвержденного свода правил «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей» в электронно-цифровой форме в срок до 15 мая 2015 года.

3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на заместителя Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Ю.У. Рейльяна.

И.о. Министра Л.О. Ставицкий



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.**

Содержание

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**

7. Алгоритм расчета приведенного сопротивления теплопередаче

а) Расчет приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.

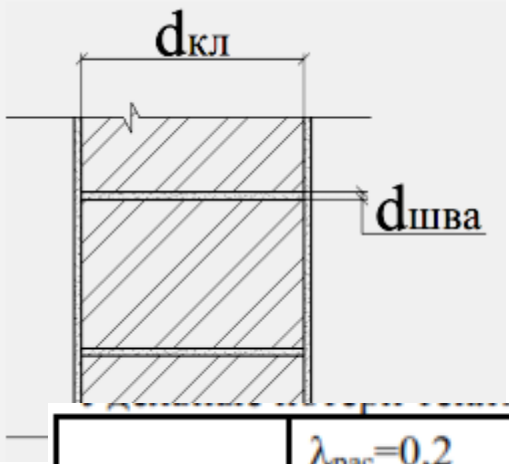
б) Подбор элементов проектируемой конструкции, для достижения целевого сопротивления теплопередаче.

ТАБЛИЦЫ РАСЧЕТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ НЕОДНОРОДНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Теплопроводные включения в ограждающих конструкциях

	Железобетонные трехслойные панели	Кладки	Трехслойные стены с эффективным утеплителем и облицовкой из кирпичной кладки	СФТК	Системы наружной теплоизоляции с вентилируемой воздушной прослойкой	Тонкостенные панели (в том числе сэндвич-панели)	Стены с внутренним утеплением
Гибкие связи или шпонки	+		+				
Тарельчатый анкер			+ Табл. Е.4	+ Табл. Е.4	+ Табл. Е.4	+ Табл. Е.4	+ Табл. Е.4
Кронштейны					+		
Швы кладок		+ Табл. Е.1-Е.3					
Сопряжение с перекр. и балконами	+	+ Табл. Е.5-Е.10	+ Табл. Е.11-Е.16	+ Табл. Е.17-Е.21	+ Табл. Е.17-Е.21	+ Табл. Е.22-Е.23	+ Табл. Е.24-Е.26
Стыки панелей	+					+	
Стыки с оконными блоками	+	+ Табл. Е.29 - Е.31	+ Табл. Е.32 - Е.33	+ Табл. Е.33-Е.35	+	+ Табл. Е.36-Е.37	+ Табл. Е.38
Примыкание к цокольному ограждению	+	+ Табл. Е.39	+ Табл. Е.40	+ Табл. Е.40	+ Табл. Е.40	+	
Металл. противопож.. рассечки			+		+		
Углы	+	+ Табл. Е.27	+ Табл. Е.28	+ Табл. Е.28	+ Табл. Е.28		

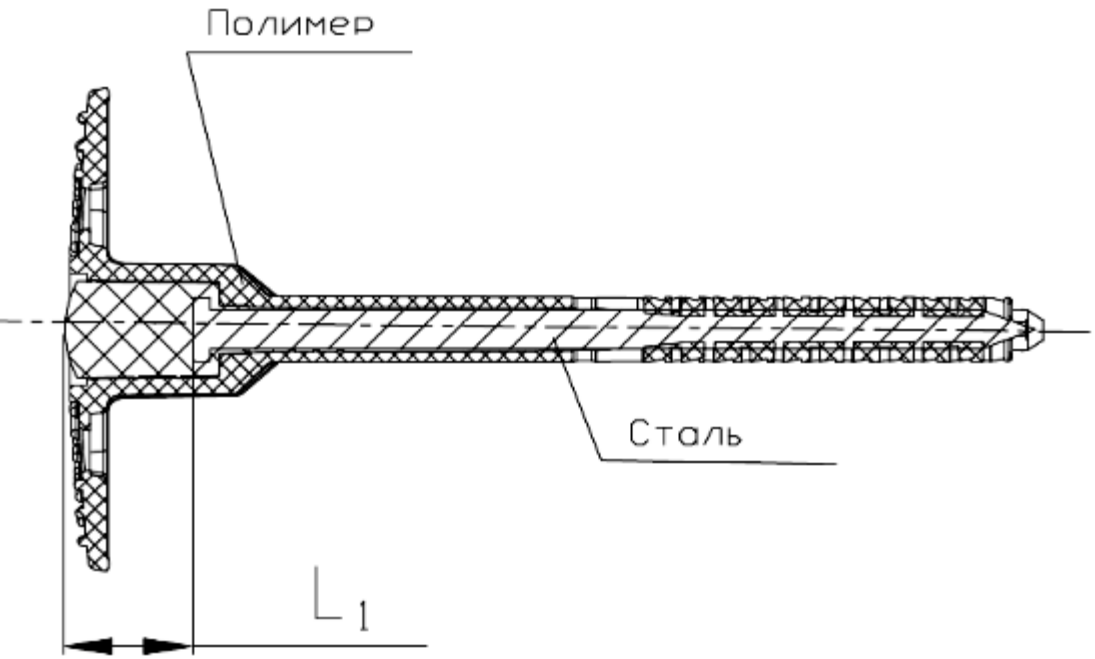
Удельные потери теплоты через швы кладки из блоков особо легкого и ячеистого бетона. (Таблицы Е.1 – Е.3)



$d_{шва}$=8 мм

	$\lambda_{рас}$=0,2	$\lambda_{рас}$=0,7	$\lambda_{рас}$=2,0		$\lambda_{рас}$=0,2	$\lambda_{рас}$=0,7	$\lambda_{рас}$=2,0
	$d_{кл}$=200 мм				$d_{кл}$=300 мм		
$\lambda_{кам}$=0,08	0,004	0,02	0,057		0,003	0,015	0,041
$\lambda_{кам}$=0,15	0,002	0,015	0,048		0,001	0,012	0,037
$\lambda_{кам}$=0,3	-0,002	0,008	0,037		-0,001	0,007	0,03
	$d_{кл}$=400 мм				$d_{кл}$=600 мм		
$\lambda_{кам}$=0,08	0,003	0,012	0,034		0,002	0,008	0,024
$\lambda_{кам}$=0,15	0,001	0,01	0,031		0,001	0,007	0,022
$\lambda_{кам}$=0,3	-0,001	0,006	0,026		-0,001	0,005	0,019

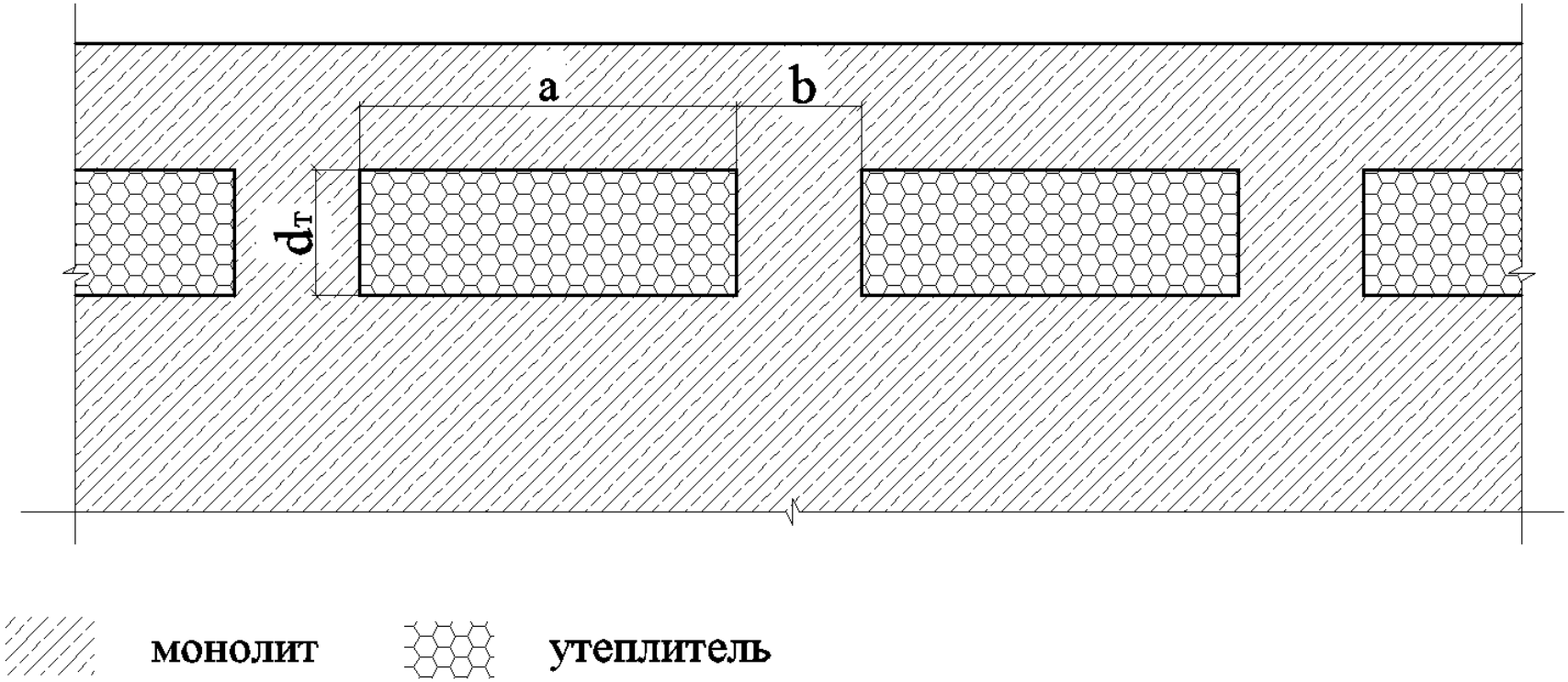
Тарельчатый анкер в СФТК и системах наружной теплоизоляции с вентилируемой воздушной прослойкой. (Таблица Е.4)



	χ, Вт/°С
$L_1 \leq 2$ мм	0,006
$2 < L_1 \leq 6$ мм	0,005
$6 < L_1 \leq 11$ мм	0,004
$11 < L_1 \leq 16$ мм	0,003
$16 < L_1 \leq 24$ мм	0,0025
$24 < L_1 \leq 40$ мм	0,002
$40 < L_1 \leq 70$ мм	0,0015
70 мм$< L_1$	0,001

Сопряжения плит перекрытия со стенами. (Таблицы Е.5 – Е.26)

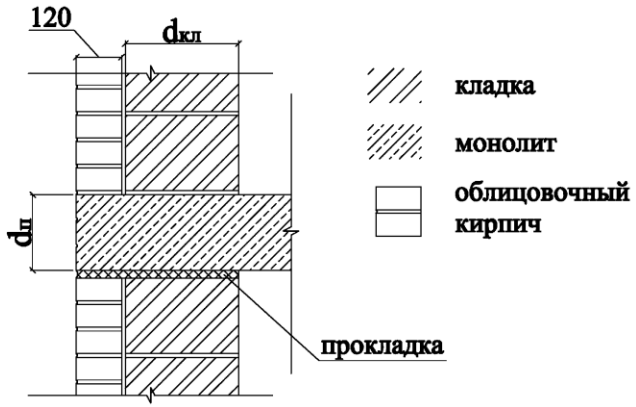
Схема перфорации плиты перекрытия.



Сопряжения плит перекрытия со стенами. (Таблицы Е.5 – Е.26)

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

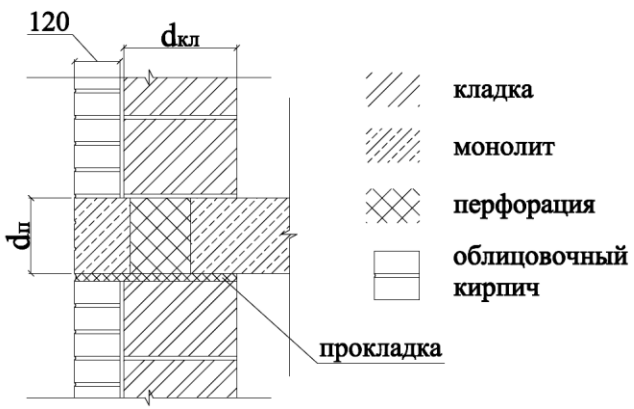
Таблица Е.5



	$d_п$=160 мм		
	$\lambda_{кл}$=0,13	$\lambda_{кл}$=0,16	$\lambda_{кл}$=0,21
$d_{кл}$=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

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

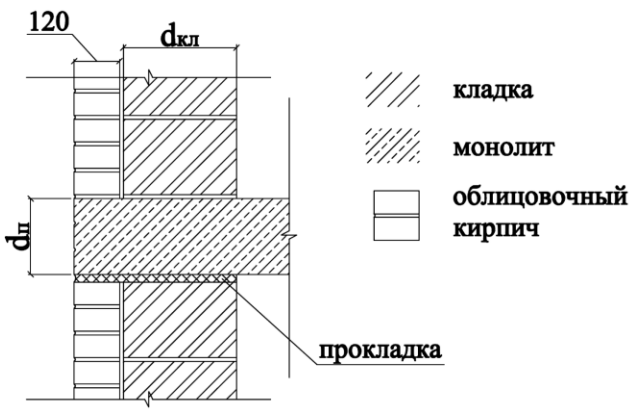
Кладка из блоков легкого, особо легкого и ячеистого бетона, или крупноформатных камней с облицовкой кирпичом. Перфорация 1/1.



Удельные теплопотери ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия с наружной стеной.			
Толщина перекрытия, $d_п$=160 мм			
	$\lambda_{кам}$ =0,13	$\lambda_{кам}$ =0,16	$\lambda_{кам}$ =0,21
$d_{кл}$=280	0,294	0,277	0,253
$d_{кл}$=380	0,279	0,266	0,246
$d_{кл}$=440	0,269	0,258	0,241
$d_{кл}$=510	0,257	0,249	0,225
Толщина перекрытия, $d_п$=210 мм			
$d_{кл}$=280	0,372	0,351	0,321
$d_{кл}$=380	0,354	0,337	0,312
$d_{кл}$=440	0,342	0,327	0,306

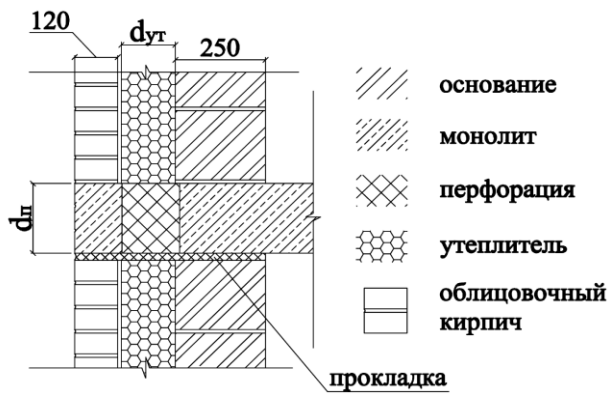
Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Без перфорации перекрытия.

Кладка из пустотно-поризованных керамических крупнофор матных камней с лицевым слоем из керамического кирпича.



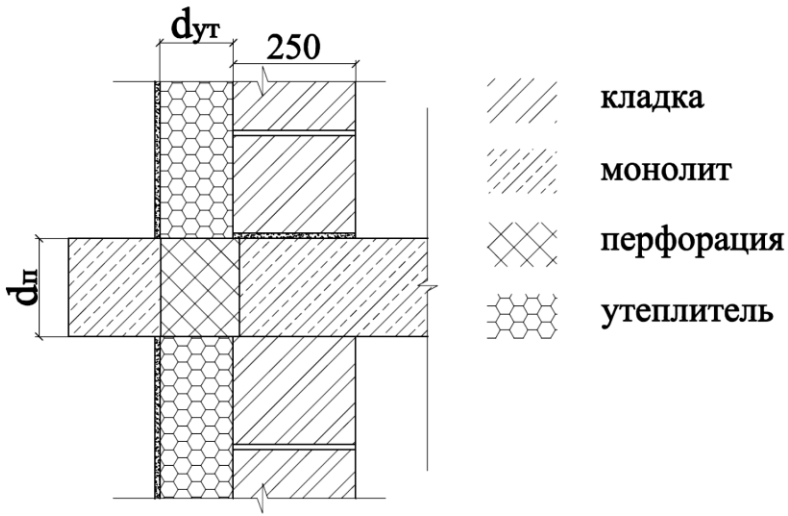
Удельные теплопотери ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия с наружной стеной.			
Толщина перекрытия, $d_п$=160 мм			
	$\lambda_{кам}$ =0,13	$\lambda_{кам}$ =0,16	$\lambda_{кам}$ =0,21
$d_{кл}$=280	0,486	0,467	0,441
$d_{кл}$=380	0,429	0,415	0,394
$d_{кл}$=440	0,398	0,386	0,367
$d_{кл}$=510	0,361	0,352	0,291
Толщина перекрытия, $d_п$=210 мм			
$d_{кл}$=280	0,604	0,582	0,550
$d_{кл}$=380	0,537	0,520	0,493
$d_{кл}$=440	0,500	0,485	0,462
$d_{кл}$=510	0,456	0,444	0,371

Таблица Е.12. Удельные потери теплоты, Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания плиты перекрытия к стене. Перфорация 1/1.



Удельные теплопотери ψ, Вт/(м ^{0}С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной.			
Толщина перекрытия, $d_п$=160 мм			
	λ_o=0,2	λ_o=0,6	λ_o=1,8
$R_{ут}$=1,22	0,3	0,298	0,346
$R_{ут}$=1,83	0,302	0,313	0,354
$R_{ут}$=2,44	0,304	0,315	0,352
$R_{ут}$=3,66	0,297	0,311	0,344
$R_{ут}$=6,1	0,283	0,298	0,323
Толщина перекрытия,$d_п$=210 мм			
$R_{ут}$=1,22	0,379	0,373	0,421
$R_{ут}$=1,83	0,382	0,395	0,438
$R_{ут}$=2,44	0,385	0,396	0,435
$R_{ут}$=3,66	0,377	0,392	0,426
$R_{ут}$=6,1	0,36	0,377	0,406

Таблица Е.19. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла сопряжения балконной плиты со стеной. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. Перфорация 3/1.



	$d_п$=160 мм		
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=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

Таблица Е.21. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла сопряжения балконной плиты со стеной. Стена с наружным утеплением и тонкой облицовкой. НТЭ в данном случае расположены непрерывно.

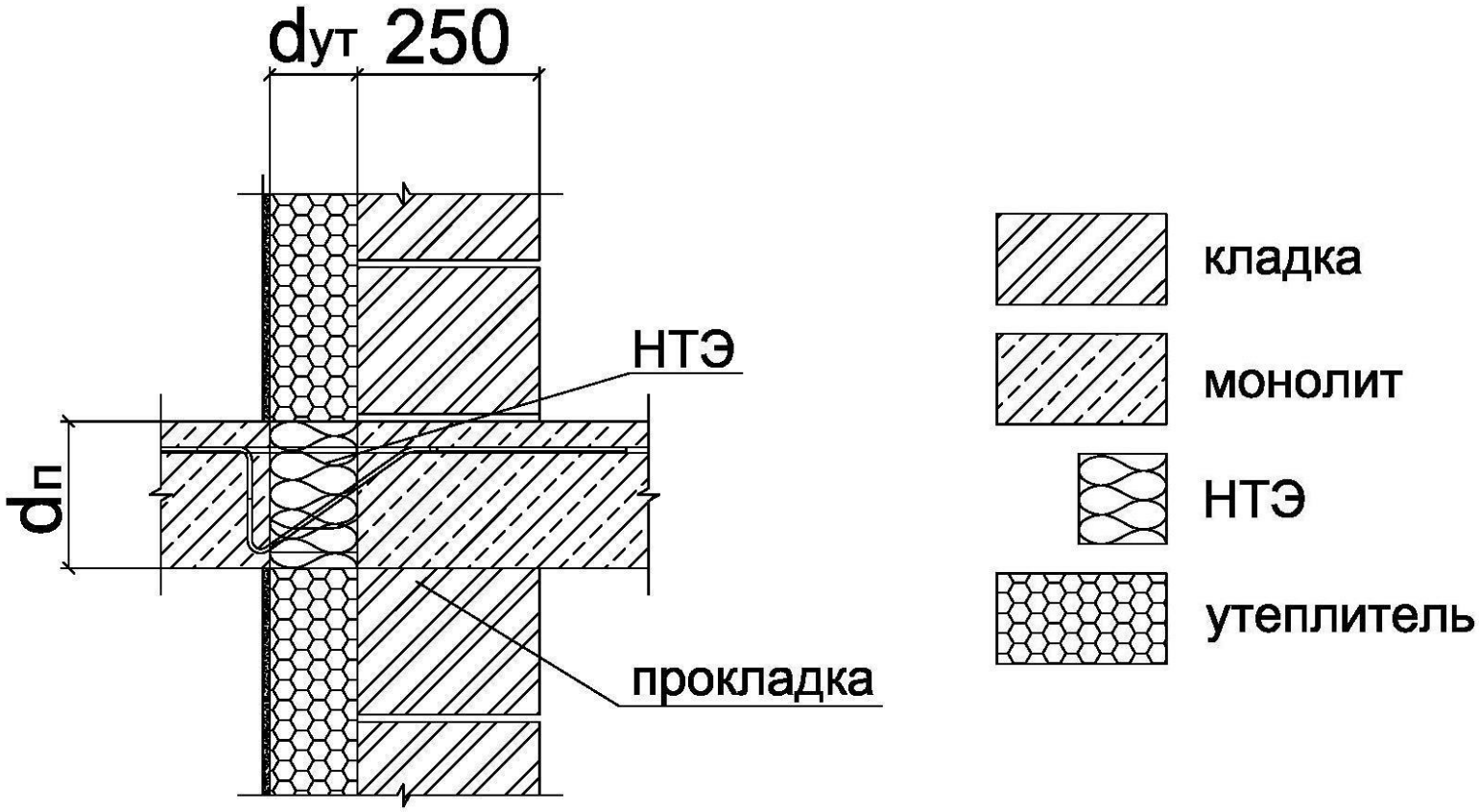
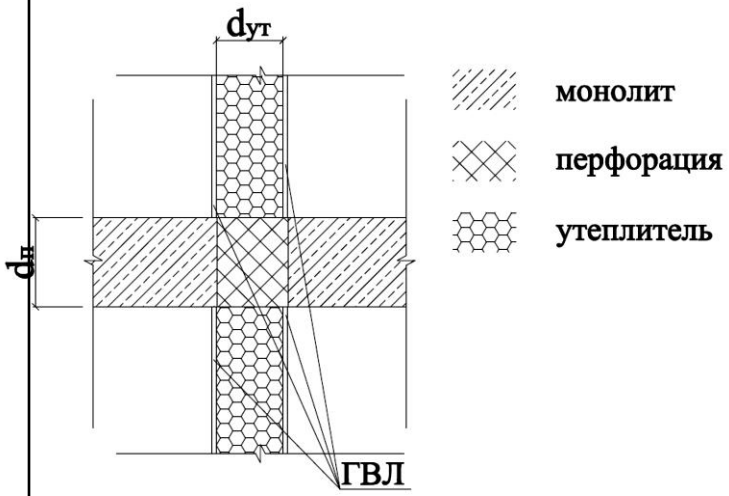


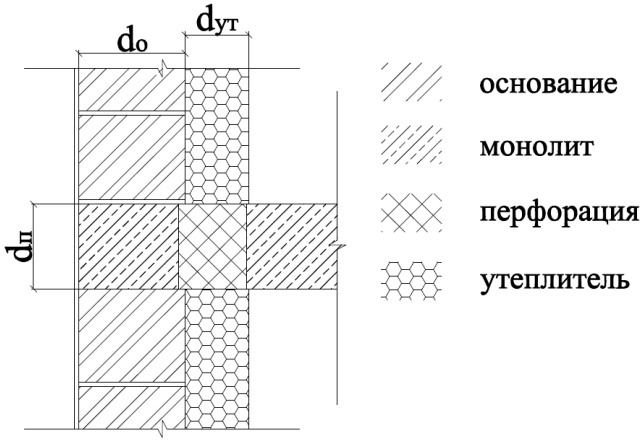
Таблица Е.22. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла сопряжения балконной плиты со стеной. Стена - тонкостенная панель. Без облицовки.



$d_п$=160 мм			
	$R_{ут}$=2,0	$R_{ут}$=4,0	$R_{ут}$=7,0
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

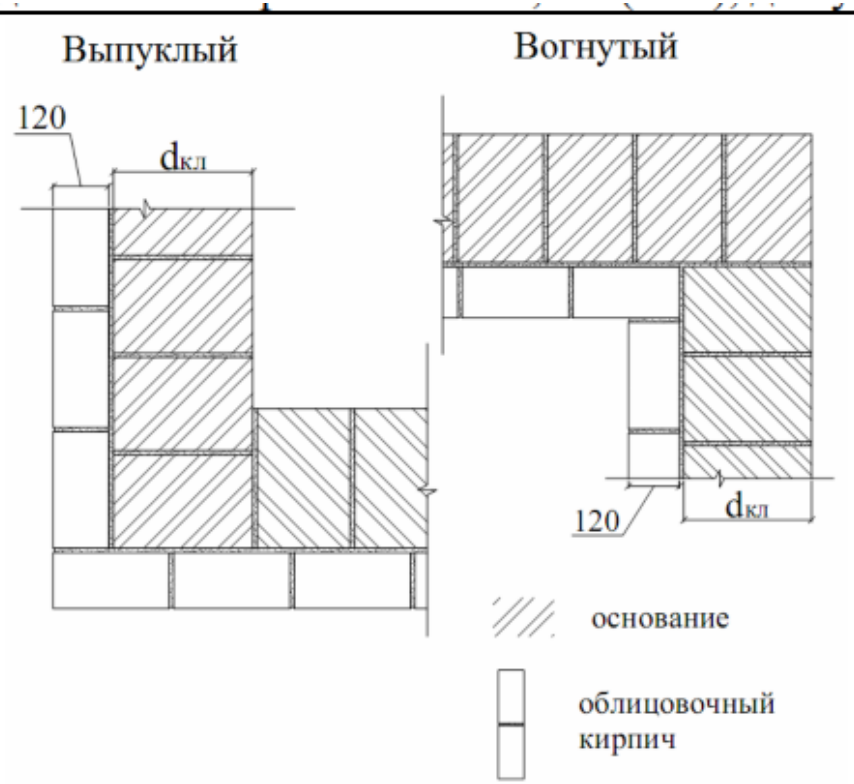
$d_п$=210 мм			
Без перф	1,179	0,985	0,777
1/1	0,640	0,550	0,487
3/1	0,371	0,329	0,316
5/1	0,271	0,244	0,248

Таблица Е.25. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла сопряжения плиты перекрытия со стеной. Стена с внутренним утеплением. Перфорация 3/1.



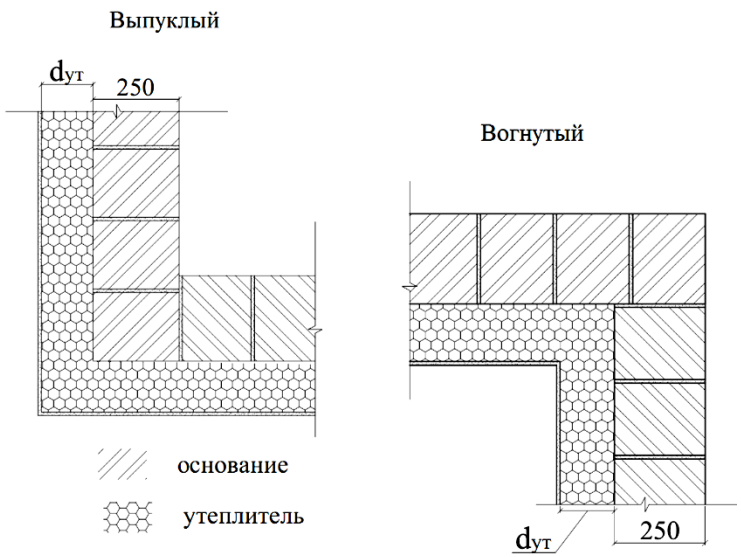
$d_п$=160 мм $d_о$=200 мм			
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,0	0,227	0,206	0,233
$R_{ут}$=2,5	0,227	0,242	0,273
$d_п$=160 мм $d_о$=400 мм			
$R_{ут}$=1,0	0,210	0,177	0,196
$R_{ут}$=2,5	0,198	0,206	0,252
$d_п$=210 мм $d_о$=200 мм			
$R_{ут}$=1,0	0,283	0,252	0,273
$R_{ут}$=2,5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

Таблица Е.27 Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для угла кладки



Выпуклого			
	$\lambda_{кам}$=0,1	$\lambda_{кам}$=0,18	$\lambda_{кам}$=0,32
$d_{кл}$=200	0,051	0,085	0,136
$d_{кл}$=300	0,052	0,088	0,143
$d_{кл}$=500	0,053	0,092	0,153
Вогнутого			
$d_{кл}$=200	-0,149	-0,26	-0,421
$d_{кл}$=300	-0,146	-0,257	-0,427
$d_{кл}$=500	-0,144	-0,256	-0,436

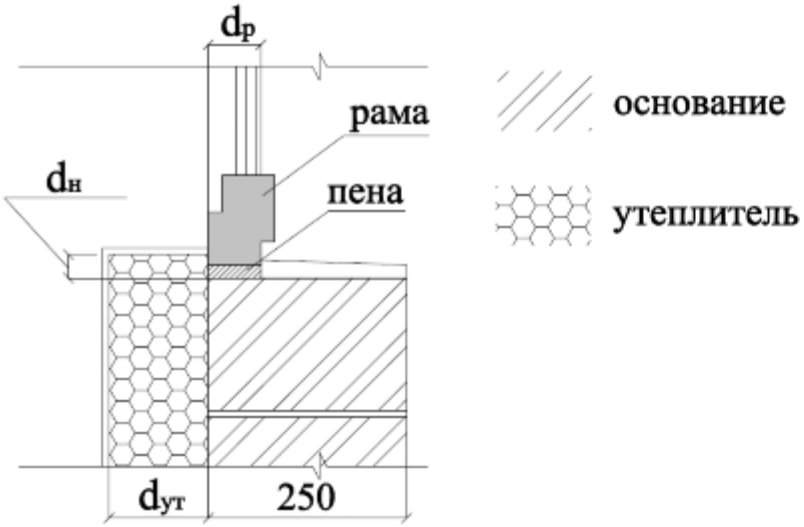
Таблица Е.28. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для угла СФТК.



	Выпуклого		
	λ_o=0,2	λ_o=0,6	λ_o=1,8
$R_{ут}$=1,5	0,088	0,167	0,234
$R_{ут}$=3,0	0,076	0,121	0,15
$R_{ут}$=6,0	0,06	0,082	0,093
	Вогнутого		
$R_{ут}$=1,5	-0,177	-0,263	-0,311
$R_{ут}$=3,0	-0,141	-0,181	-0,199
$R_{ут}$=6,0	-0,109	-0,126	-0,133

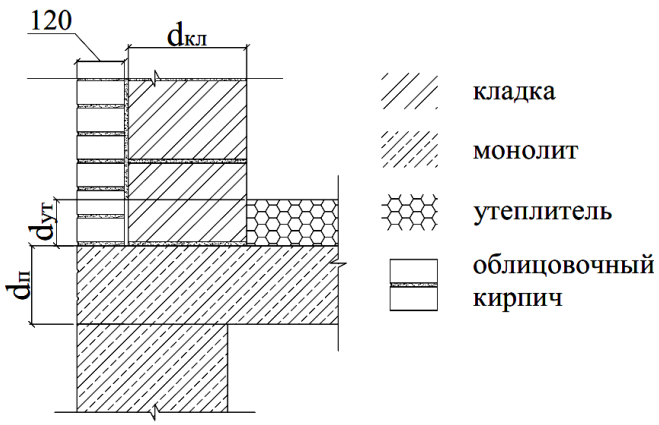
Таблица Е.33. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания оконного блока к откосу.

сразу за утеплителем.



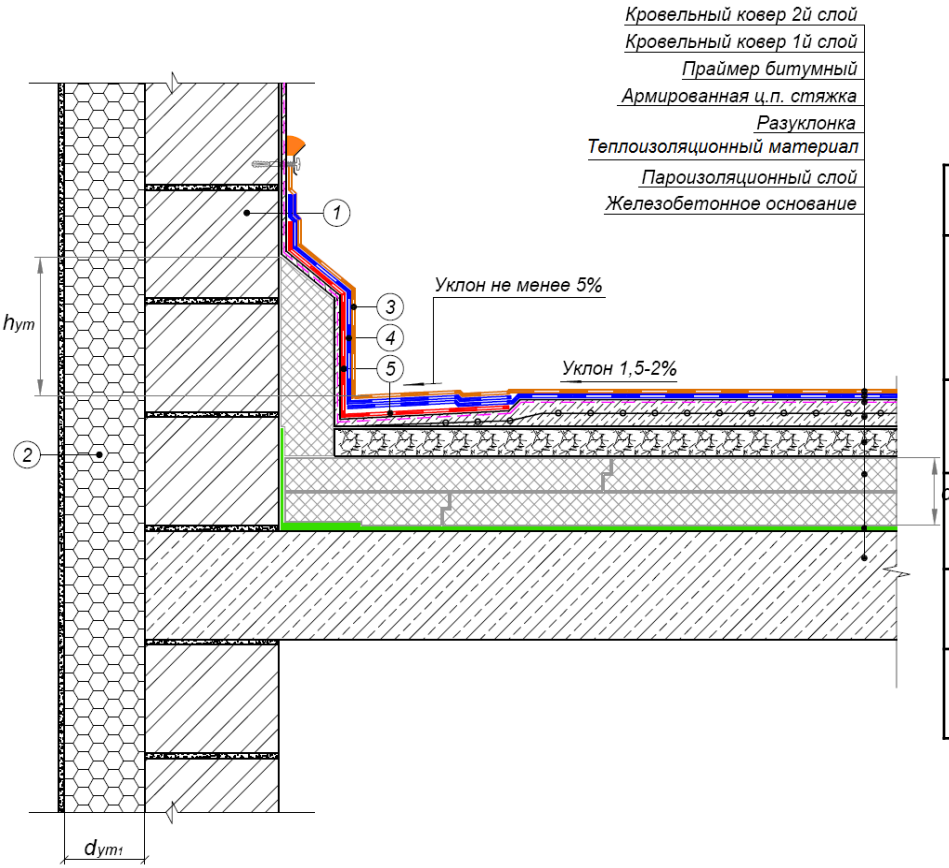
$d_н$=0 мм			
	$\lambda_о$=0,2	$\lambda_о$=0,6	$\lambda_о$=1,8
$R_{ут}$=1,5	0,054	0,098	0,133
$R_{ут}$=3,0	0,050	0,092	0,127
$R_{ут}$=6,0	0,055	0,097	0,129
$d_н$=20 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,042	0,067	0,083
$R_{ут}$=3,0	0,033	0,054	0,069
$R_{ут}$=6,0	0,034	0,056	0,068
$d_н$=60 мм			
$R_{ут}$=1,5	0,013	0,031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

Таблица Е.39. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла примыкания стены к цокольному ограждению.



$R_{ут}$=1,88			
	$\lambda_{кл}$=0,1	**$\lambda_{кл}$=0,18**	**$\lambda_{кл}$=0,32**
$d_{кл}$=200	**0,071**	**0,106**	**0,157**
$d_{кл}$=300	**0,084**	**0,128**	**0,197**
$d_{кл}$=500	**0,106**	**0,167**	**0,251**
$R_{ут}$=3,13			
$d_{кл}$=200	**0,06**	**0,092**	**0,138**
$d_{кл}$=300	**0,07**	**0,108**	**0,172**
$d_{кл}$=500	**0,089**	**0,143**	**0,219**

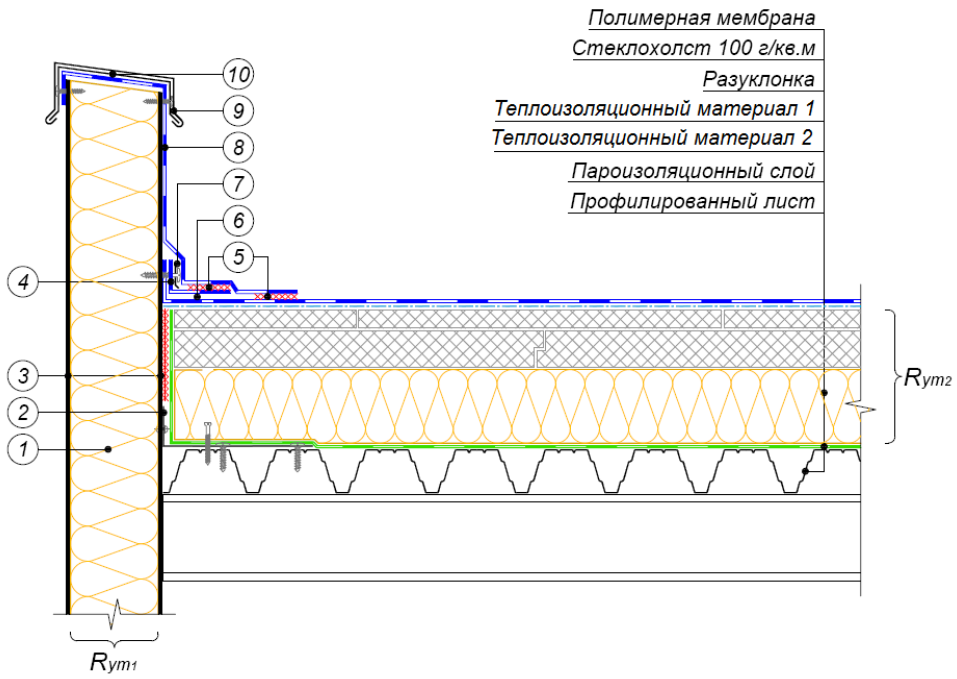
Таблица Е.41. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла сопряжения стены с совмещенным кровельным покрытием.



1. Основание стены
2. Утеплитель стены
3. Верхний слой водоизоляционного ковра на верт. поверхности
4. Нижний слой водоизоляционного ковра на верт. поверхности
5. Слой усиления

	$R_{ут1}$, м^2 °С/Вт		
$R_{ут2}$, м^2 °С/Вт	1,5	3,0	6,0
1,88	0,301	0,252	-
3,13	0,294	0,241	0,212
5,0	0,282	0,223	0,194
7,81	-	0,207	0,169

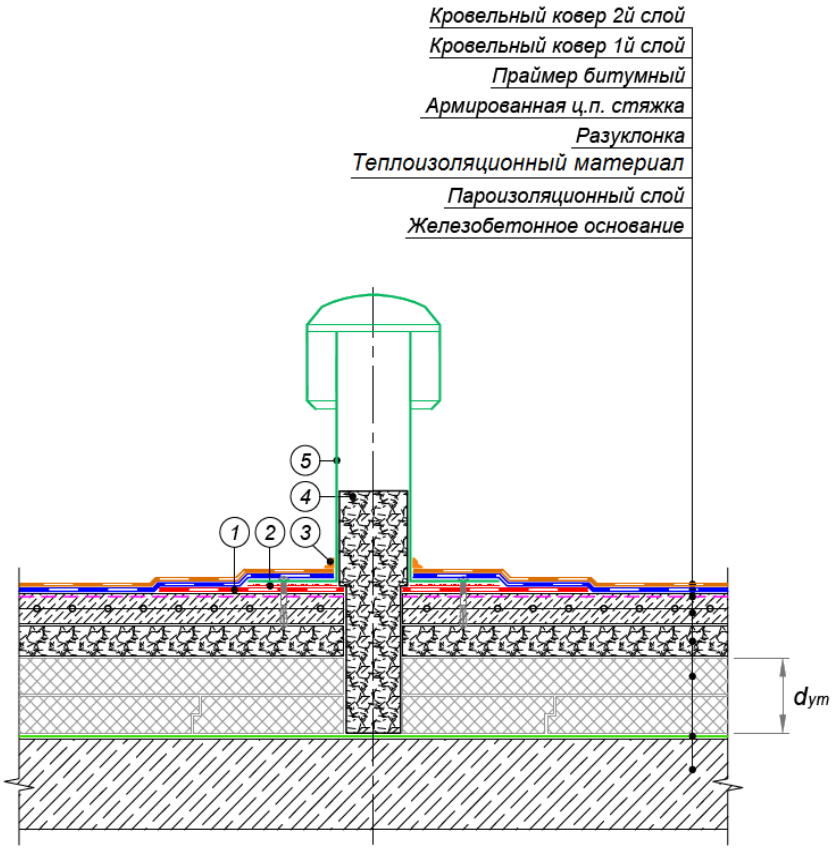
Таблица Е.50. Удельные потери теплоты Ψ, Вт/(м°С), для узла сопряжения стены с совмещенным кровельным покрытием.



1. Стеновая сэндвич-панель
2. Уголок из оцинкованной стали толщиной 1 мм довести до второй волны профлиста
3. Облицовочный лист
4. Полимерная мембрана шириной 130 мм
5. Сварной шов 30 мм
6. Телескопический крепежный элемент
7. Прижимная рейка
8. Полимерная мембрана по проекту
9. Отлив из оцинкованной стали
10. Крепежный элемент

	$d_{об}\cdot\lambda_{об}$, Вт/°С			
$R_{ут2}$, м^2 °С/Вт	0,002	0,008	0,032	0,128
1,88	0,031	0,106	0,25	0,56
3,13	0,036	0,099	0,221	0,507
5,0	0,04	0,095	0,191	0,441
7,81	0,045	0,094	0,171	0,375

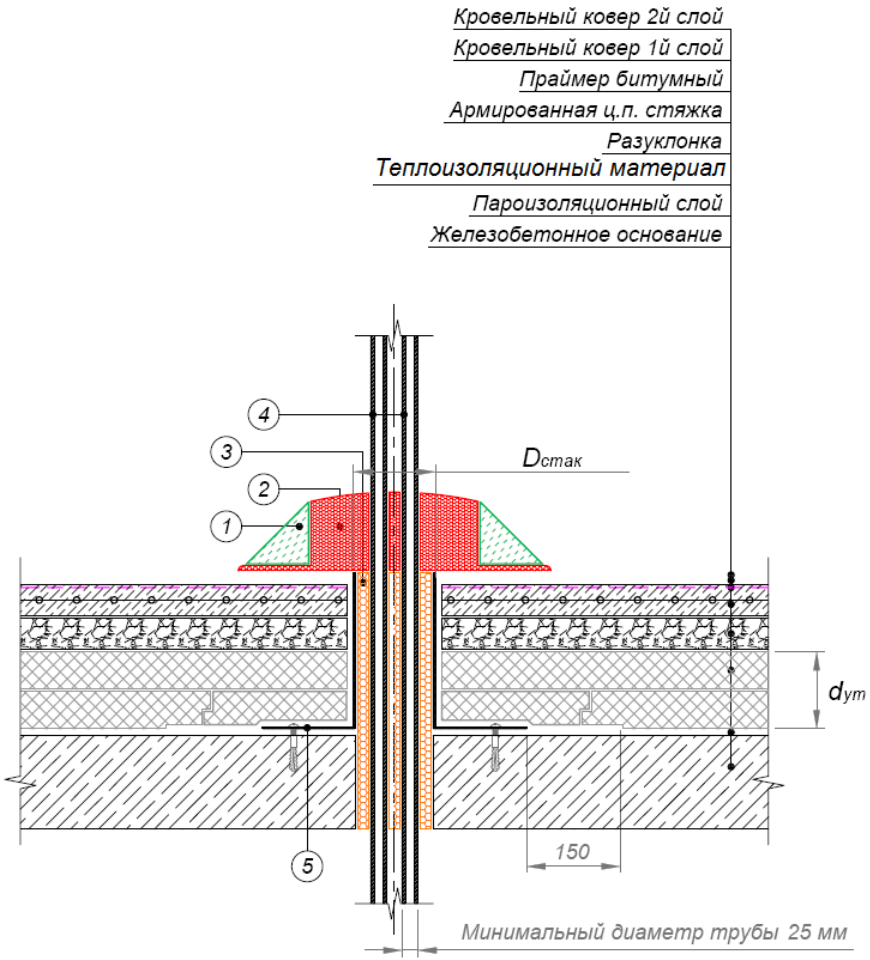
Таблица Е.56. Удельные потери теплоты χ, Вт/°С, за счет установки аэратора.



$R_{ут}$, м^2 °С/Вт	
1,88	0,008
3,13	0,007
5,0	0,006
7,81	0,004

1. Дополнительный слой водоизоляционного ковра
2. Мастика кровельная горячая
3. Полиурет. герметик
4. Керамзитовый гравий
5. Кровельный аэратор

Таблица Е.58. Удельные потери теплоты χ, Вт/°С, за счет пропуска пучка труб через совмещенное кровельное покрытие.



	$d_{стак}$, мм		
$R_{ут}$, м^2 °С/Вт	80	140	260
1,88	0,055	0,087	0,141
3,13	0,05	0,08	0,136
5,0	0,042	0,069	0,119
7,81	0,032	0,055	0,097

1. Полимерная рамка
2. Двухкомпонентный битумно-полиуретановый герметик
3. Монтажная пена
4. Пучок труб
5. Металлический стакан

Всего представлено около 50 видов узлов для которых сделано около 2500 расчетов температурных полей.

Работу выполнил к.т.н. В.В.Козлов

Таблицы для удельных потерь теплоты через типичные теплотехнические неоднородности. Грубое приближение. (Введено в Р. Казахстан)

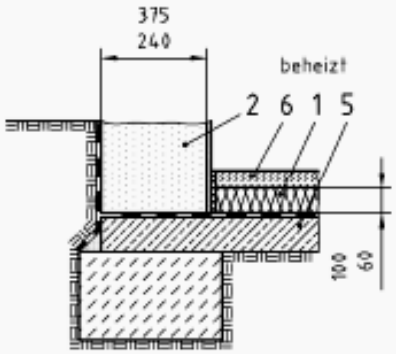
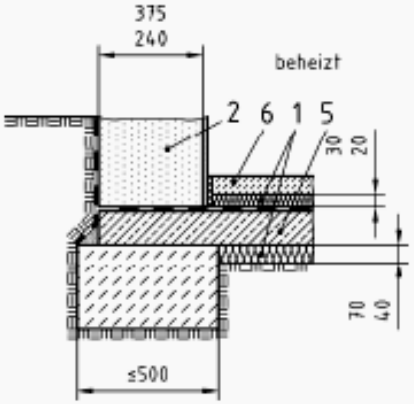
Подлежит уточнению при актуализации СП 230

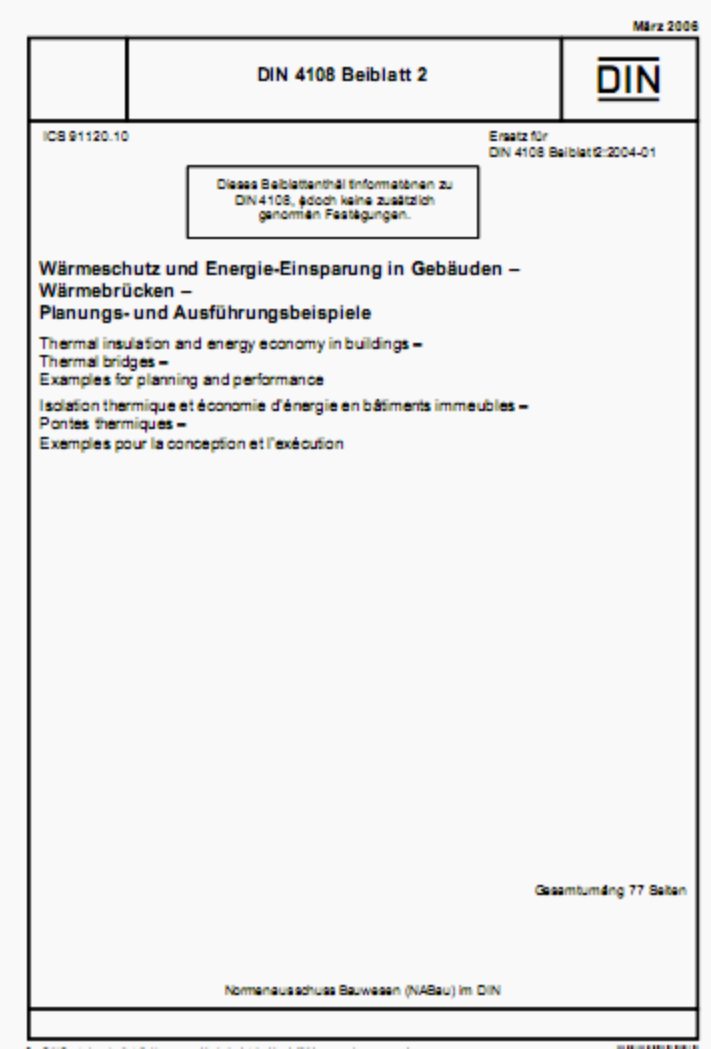
Узел	Детали	Удельные потери теплоты
Кронштейны вентфасада	- Из коррозионностойкой стали площадь сечения <250 мм^2	χ =0,02 Вт/^{o}С
	- Из коррозионностойкой стали площадь сечения ≥ 250 мм^2 - Из стали площадь сечения <250 мм^2	χ =0,04 Вт/^{o}С
	- Из стали площадь сечения ≥250 мм^2 , но <600 мм^2 - Из алюминия площадь сечения <250 мм^2	χ =0,06 Вт/^{o}С
	- Из стали площадь сечения ≥ 600 мм^2 - Из алюминия площадь сечения ≥ 250 мм^2, но <600 мм^2	χ =0,09 Вт/^{o}С
Дюбели со стальным сердечником	Диаметром < 8 мм	χ =0,006 Вт/^{o}С

DIN 4108 Beiblatt 2

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele

$$R_o^{np} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}$$

Bild	Ausführungsart	Darstellung für den Nachweis der Gleichwertigkeit nach 3.5, a) und b) (Maße in Millimeter)	Bemerkungen	Referenzwert für ψ für den Nachweis der Gleichwertigkeit nach 3.5, c) und d)
Keller				
1	monolithisches Mauerwerk – Streifenfundament – innengedämmt		—	≤ – 0,04 W/(m · K)
2	monolithisches Mauerwerk – Streifenfundament – innen- und außengedämmt		—	≤ 0,15 W/(m · K)



März 2006

DIN 4108 Beiblatt 2

DIN

ICS 91.120.10

Ersatz für DIN 4108 Beiblatt 2:2004-01

Dieses Beiblattenthält Informationen zu DIN 4108, jedoch keine zusätzlich genormten Festlegungen.

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele

Thermal insulation and energy economy in buildings – Thermal bridges – Examples for planning and performance

Isolation thermique et économie d'énergie en bâtiments immeubles – Ponts thermiques – Exemples pour la conception et l'exécution

Gesamtumfang 77 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

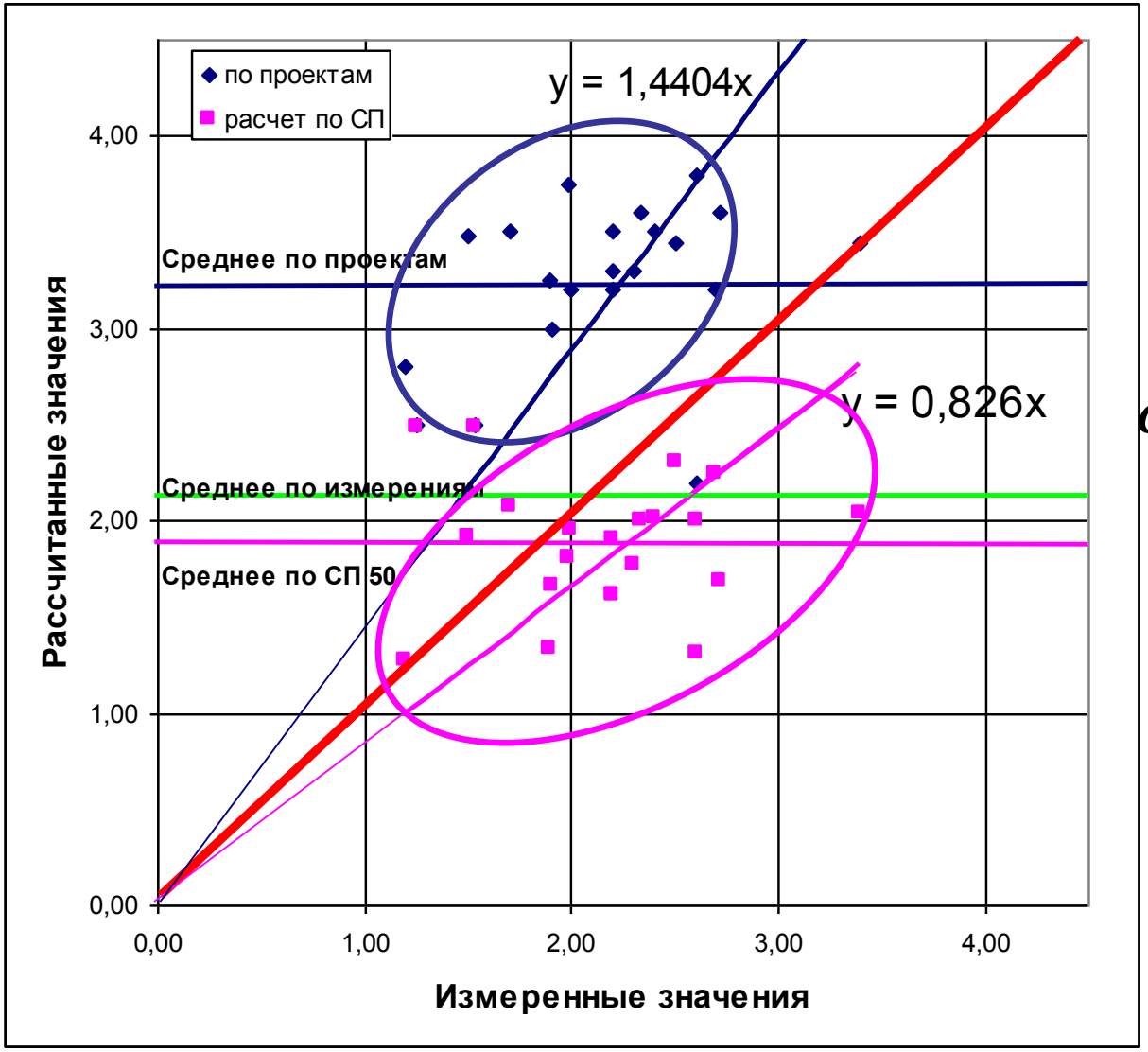
Сопоставление натурных измерений с расчетами по СП 50.13330.2012

По данным к.т.н. С.И.Крышова

Результаты измерений сопрот. теплопер. ЦЭИИС

Измеренные	По проекту	Расчет по СП
1,0-3,03	3,48	1,92
2,39-2,87	3,75-3,90	2
1,82-2,59	3,28-3,31	1,61
1,99	3,75	1,81
1,52-2,98	3,03-3,39	1,9
	4,1	1,96
1,2	2,74-2,84	1,27
2,33-2,5	3,25-3,92	2,01
2,32-2,88	2,55-3,88	1,31
2,33	3,52-5,8	2
1,79-2,11	3,25	1,33
1,95-2,6	3,06-3,57	1,77
1,91	2,76-3,18	1,66
1,15-4	3,45-3,69	1,61
1,68-2,38	2,75-3,54	1,95
2,72	3,6	1,69
1,25	2,38-2,5	2,49
1,53	2,38-2,5	2,49

Сопоставление сопротивлений теплопередаче, принятых по проекту и рассчитанных по СП с экспериментально определенными ГБУ ЦЭИИС (С.И.Крышов)



Средние значения

Измеренные R =2,15

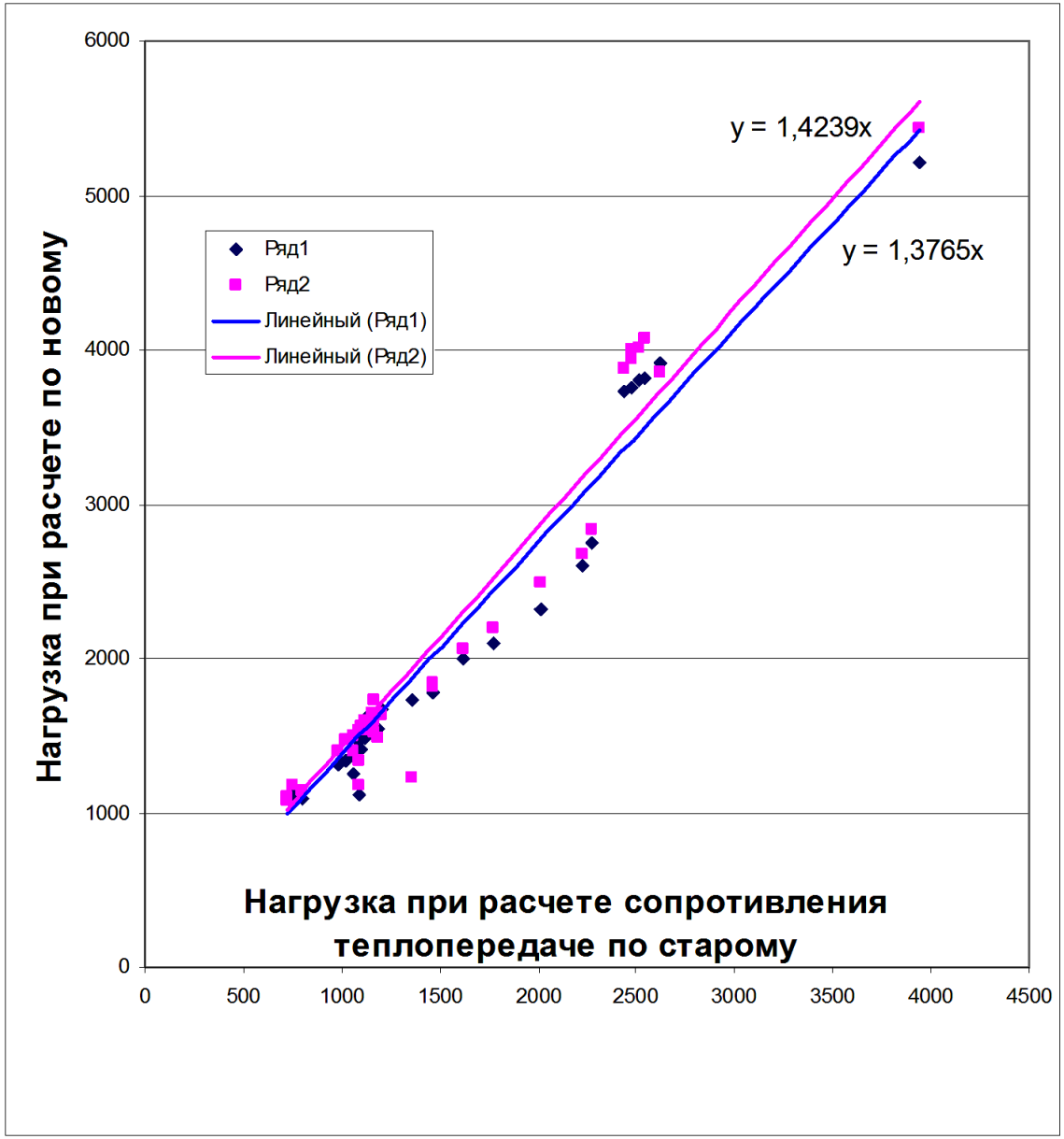
По проекту R =3,3

$$\delta = \frac{3{,}3 - 2{,}15}{2{,}15} = 0{,}53$$

Расчет по СП R =1,9

$$\delta = \frac{2{,}15 - 1{,}9}{2{,}15} = 0{,}12$$

Сопоставление трансмиссионных теплопотерь при расчете по проекту и по СП 50.13330.2012 г.



При расчете приведенного сопротивления теплопередаче стен по новому СНиП нагрузка должна быть повышена на 38-42%

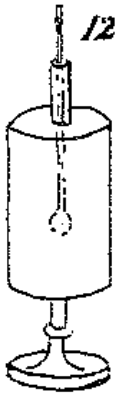
Основы расчета энергосбережения в здании

Вывод уравнения энергии теряемой телом при охлаждении

Закон Ньютона

$$q = C(t_1 - t_2)$$

Где
q – поток теплоты, Вт;
С – коэффициент пропорциональности, Вт/ ^{o}С;
$(t_1 - t_2)$ – разность температур тела и окружающего воздуха, ^{o}С.

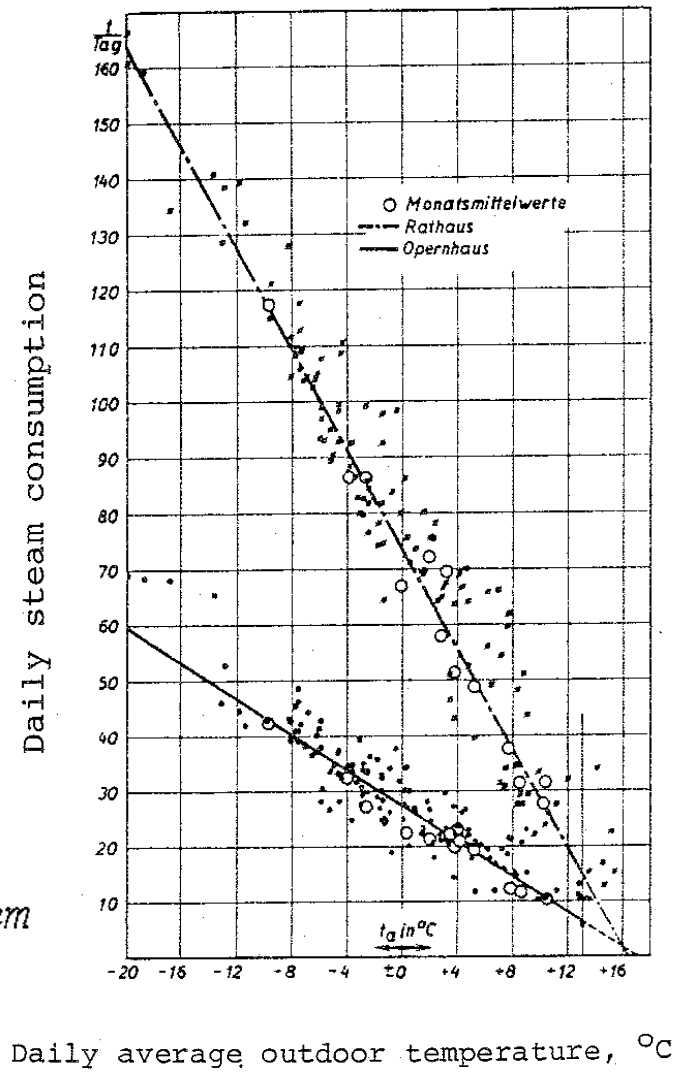


Цилиндр с водой и термометр в эксперименте И. Ньютона

Количество теплоты, потерянной телом за время *z* составляет

$$Q = \int_0^z q d\tau = \int_0^z C(t_1 - t_2(\tau))d\tau = C\int_0^z (t_1 - t_2(\tau))d\tau$$

Экспериментальное подтверждение закона Ньютона для зданий



The steam consumption for heating of two public buildings connected to the district heating system of Charlottenburg in Berlin. From Schulz (1933).

Вывод уравнения тепловых потерь здания

z = $z_{оп}$ – продолжительность отопительного периода, сут./год;

$$Q = C\int_0^{z_{оп}}(t_в - t_н(\tau))d\tau \qquad C = k\cdot V \qquad ГСОП = \int_0^{z_{оп}}(t_в - t_н(\tau))d\tau$$

k – удельная характеристика, Вт/(м^3 ^{o}С;

$$Q = kV\int_0^{z_{оп}}(t_в - t_н(\tau))d\tau = k\cdot V\cdot ГСОП \qquad \boxed{Q = k\cdot V\cdot ГСОП}$$

V – отапливаемый объем здания, м^3;

$(t_в - t_н)$ – разность температур внутреннего и наружного воздуха, ^{o}С.

Удельная характеристика потребления энергии на отопление и вентиляцию здания

Общий вид удельной характеристики потребления энергии на отопление и вентиляцию здания

$$Q = k \cdot V \cdot ГСОП$$

$$k = a_1 k_{об} + a_2 k_{вент} + a_3 k_{быт} + a_4 k_{рад}$$

k – удельная характеристика, Вт/(м^3 ^{o}С;

k – удельная характеристика, на отопление и вентиляцию здания в СП 50.13330.50 Вт/(м^3 ^{o}С;

$$q_{от}^{р} = \left[k_{об} + k_{вент} - \left(k_{быт} + k_{рад}\right) \cdot \nu \cdot \zeta\right] \cdot \left(1 - \xi\right) \cdot \beta_h$$

Нормирование и расчет «удельного потребления энергии» на отопление и вентиляцию здания предыдущей редакции СНиП

Нормирование и расчет «удельного потребления энергии» на отопление и вентиляцию здания предыдущей редакции СНиП 23.02.2003

Таблица 9 — Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий , кДж/(м^2·°С·сут) или [кДж/(м^3·°С·сут)]

Типы зданий	Этажность зданий					
	1-3	4, 5	6,7	8,9	10,11	12 и выше
1 Жилые, гостиницы, общежития	По таблице 8	85[31]	80[29]	76[27,5]	72[26]	70[25]
2 Общественные, кроме перечисленных в поз. 3, 4 и 5 таблицы	[42]; [38]; [36] соответственно нарастанию этажности	[32]	[31]	[29,5]	[28]	—
3 Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	[34]; [33]; [32] соответственно нарастанию этажности	[31]	[30]	[29]	[28]	—
4 Дошкольные учреждения	[45]	—	—	—	—	—
5 Сервисного обслуживания	[23]; [22]; [21] соответственно нарастанию этажности	[20]	[20]	—	—	—
6 Административного назначения (офисы)	[36]; [34]; [33] соответственно нарастанию этажности	[27]	[24]	[22]	[20]	[20]

Таблица 9 — Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий, q_h^{req} кДж/(м^2·^{o}С·сут) или [кДж/(м^3·^{o}С·сут)]

$$q_h^{des} \leq q_h^{req}$$

Типы зданий	Этажность зданий					
	1-3	4, 5	6,7	8,9	10,11	12 и выше
1 Жилые, гостиницы, общежития	По табли-це 8	85 [31]	80 [29]	76 [27,5]	72 [26]	70 [25]
Высота этажа		2,74	2,76	2,76	2,77	2,80

Анализ единицы измерения

$$\frac{кДж}{м^3\,^oC \cdot сут} = \frac{1000}{24 \cdot 3600} \cdot \frac{Дж}{м^3\,^oC \cdot с} = 0{,}01157\,\frac{Вт}{м^3\,^oC}$$

Удельный расход энергии - физическая величина, численно равная количеству энергии расходуемой на нагревание 1 м^3 объема в единицу времени.

Удельная характеристика - физическая величина, численно равная количеству энергии расходуемой на нагревание 1 м^3 объема в единицу времени при перепаде температуры в 1 ^{o}C.

Нормируемая в старом СНиП величина является не удельным расходом энергии, а удельной характеристикой.

Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания , Вт/(м^{3}·°С)

$$q_{от}^{р} \leq q_{от}^{тр}$$

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1 Жилые многоквартирные, гостиницы, общежития	0,455	0,414	0,372	0,359	0,336	0,319	0,301	0,290
2 Общественные, кроме перечисленных в строках 3–6	0,487	0,440	0,417	0,371	0,359	0,342	0,324	0,311
3 Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	0,394	0,382	0,371	0,359	0,348	0,336	0,324	0,311
4 Дошкольные учреждения, хосписы	0,521	0,521	0,521	-	-	-	-	-
5 Сервисного обслуживания, культурнодосуговой деятельности, технопарки, склады	0,266	0,255	0,243	0,232	0,232	-		
6 Административного назначения (офисы)	0,417	0,394	0,382	0,313	0,278	0,255	0,232	0,232

Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания , Вт/(м^{3}·°С)

$$q_{от}^{р} \leq q_{от}^{тр}$$

Тип здания	Этажность здания							
	1	2	3	4,5	6,7	8,9	10,11	12 и выше
Жилые, гостиницы, общежития				0,359	0,336	0,319	0,301	0,290

Разница между удельной характеристикой потребления энергии и удельным потреблением энергии.

<u>Удельная характеристика потребления энергии</u>
- Физическая величина, численно равная количеству тепловой энергии потребляемой на отопление 1 м^3 объема в единицу времени, при разности температуры в 1 °С. Вт / (м^3 ° С).

<u>Удельное потребление энергии</u> – физическая величина, численно равная количеству тепловой энергии, потребленной на отопление 1 м^3 объема в единицу времени. Дж/(м^2 год).

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

$$q_{от}^{р} \le q_{от}^{тр}$$

$$q_{от}^{р} = \left[k_{об} + k_{вент} - \left(k_{быт} + k_{рад}\right)\cdot \nu \cdot \zeta\right]\cdot\left(1-\xi\right)\cdot \beta_h$$

$$\left[q_{от}^{р}\right] = Вт/(м^3\ {}^{o}C)$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период

$$q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^{р}$$ **кВт ч/(м³•год)**

$$q = h \cdot q$$ **кВт ч/(м²•год)**

$$ГСОП = \left(t_{в} - t_{от.п.}\right)\cdot z_{от.п.}$$

Удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

$$q_{от}^{р} = \left[k_{об} + k_{вент} - \left(k_{быт} + k_{рад}\right)\cdot \nu \cdot \zeta\right]\cdot\left(1-\xi\right)\cdot \beta_h$$

$$\left[q_{от}^{р}\right] = Вт/(м^3\ {}^oC)$$

Удельная теплозащитная характеристика здания $k_{об}$

Удельная вентиляционная характеристика здания $k_{вент}$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений в здании $k_{быт}$

Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации $k_{рад}$

Удельная теплозащитная характеристика здания

$$k_{об} = K_{о}^{огр} \cdot K_{комп}$$

$$k_{об} = K_{о}^{огр} \cdot \frac{A_{н}^{сум}}{V_{от}}$$

$$K_{о}^{огр} = \left(n\frac{A_{ст}}{R_{о,ст}^{пр}} + n\frac{A_{ок}}{R_{о,ок}^{пр}} + n\frac{A_{дв}}{R_{о,дв}^{пр}} + n\frac{A_{покр}}{R_{о,покр}^{пр}} + n\frac{A_{черд}}{R_{о,черд}^{пр}} + n\frac{A_{цок}}{R_{о,цок}^{пр}} + n\frac{A_{проезд}}{R_{о,проезд}^{пр}} \right) / A_{н}^{сум}$$

$$K_{комп} = A_{н}^{сум} / V_{от}$$

Удельная вентиляционная характеристика здания

$$k_{вент} = K_o^{вент} \cdot K_{комп}$$

$$k_{вент} = K_o^{вент} \frac{A_н^{сум}}{V_{от}}$$

$$K_o^{вент} = 0{,}28 \cdot c \cdot n_в \cdot \beta_v \cdot V_{от} \cdot \rho_в^{вент} (1 - k_{эф}) / A_н^{сум}$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений в здании

$$k_{быт} = \frac{Q_{быт}^{год}}{\left(V_{от} \cdot 0{,}024 \cdot ГСОП\right)}$$

$$Q_{быт}^{год} = 0{,}024 q_{быт} z_{от} A_{ж}$$

Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации

$$k_{рад} = \frac{Q_{рад}^{год}}{\left(V_{от} \cdot 0{,}024 \cdot ГСОП\right)}$$

$$Q_{рад}^{год} = 0{,}28 \cdot \left[\tau_{1ок}\tau_{2ок}\left(A_{ок1}I_1 + A_{ок2}I_2 + A_{ок3}I_3 + A_{ок4}I_4\right) + \tau_{1фон}\tau_{2фон}A_{фон}I_{гор}\right]$$

Расчет <u>удельных затрат тепловой энергии</u> на отопление и вентиляцию.

$$q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^{р} \quad кВт ч/(м^3 год)$$

Или

$$q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot q_{от}^{р} \cdot \frac{V_{от}}{A_{от}} \quad кВт ч/(м^2 год)$$

Обратите внимание!

$A_{от}$ - сумма площадей этажей здания, измеренных в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м^2, за исключением технических этажей и гаражей.

Пример. Для 12-этажного дома требуемая величина удельной характеристики потребляемой тепловой энергии равна q_h^{req} 0,290 Вт/(м³ °С).

В Москве D_d = 4943 °С сут/год.

Удельное потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период на м³

$$q = 0{,}024 \cdot 4943 \cdot 0{,}290 = 34{,}4$$ **кВт ч/(м³•год)**

на м²

$$q = 0{,}024 \cdot 4943 \cdot 0{,}290 \cdot 3 = 103$$ **кВт ч/(м²•год)**

В Якутске D_d = 10037 °С сут/год.

$$q = 0{,}024 \cdot 10037 \cdot 0{,}290 = 70$$ **кВт ч/(м³•год)**

$$q = 0{,}024 \cdot 4943 \cdot 0{,}290 \cdot 3 = 210$$ **кВт ч/(м²•год)**

Классы энергосбережения зданий в актуализированной редакции СНиП

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения показателя удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания от нормируемого, %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании и эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
A++ **A+** **A**	**Очень высокий**	ниже -60 от -50 до -60 включительно от -40 до -50 включительно	Экономическое стимулирование
B+ **B**	**Высокий**	от -30 до -40 включительно от -15 до -30 включительно	Экономическое стимулирование
C+ **C** **C-**	**Нормальный**	от - 5 до - 15 включительно от + 5 до - 5 включительно от + 15 до + 5 включительно	Мероприятия не разрабатываются
При эксплуатации существующих зданий			
D	**Пониженный**	от + 15,1 до + 50 включительно	Реконструкция, при соответсвующем экономическом обосновании
E	**Низкий**	более +50	.

$$\left(q_h^{des} - q_h^{req}\right) / q_h^{req}$$

Какова точность расчетов удельного расхода энергии на отопление и вентиляцию здания?

Цитата из статьи Г.П. Васильева

Натурные обследования жилых домов в Москве, построенных после 2000 года (по второму этапу повышения теплозащиты) и удельные затраты тепловой энергии на отопление и вентиляцию которых не должны были бы превышать 95 кВт·ч на $м^2$ за отопительный сезон, в реальности потребляют 160 кВт·ч и более.

Анализ целесообразности учета составляющих показателя тепловой энергетической эффективности здания

$$q_{от}^{р} = \left[k_{об} + k_{вент} - \left(k_{быт} + k_{рад}\right)\cdot \nu \cdot \zeta\right]\cdot\left(1-\xi\right)\cdot \beta_h$$

$$q_{от}^{р} = \left[k_{об} + k_{вент} - \left(k_{быт} + k_{рад}\right)\cdot \nu \cdot \zeta\right]\cdot\left(1-\xi\right)\cdot \beta_h$$

Величины, взятые с большой и неопределенной погрешностью

Целесообразно нормировать только $k_{об}$

Нормирование удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$

Вывод выражения для расчета суммарных теплопотерь через совокупность всех ограждающих конструкций здания. Формула для расчета удельной теплозащитной характеристики.

$$Q = \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{\text{пр}}} \right) \cdot ГСОП \cdot 24/1000 = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{\text{пр}}} \right)$$

$$Q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot \frac{A_н^{сум}}{V} \cdot \frac{\left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{\text{пр}}} \right)}{A_н^{сум}}$$

$$Q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot K_{\text{комп}} \cdot K_{\text{общ}}$$

$$\boxed{Q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot k_{\text{об}}}$$

$$\boxed{k_{\text{об}} = K_{\text{комп}} \cdot K_{\text{общ}}}$$

Еще раз

Вывод выражения для расчета суммарных теплопотерь через совокупность всех ограждающих конструкций здания

$$Q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot K_{комп} \cdot K_{общ}$$

$$K_{комп} = \frac{A_н^{сум}}{V} \qquad K_{общ} = \frac{\left(\sum n_i \frac{A_i}{R_{o,i}^{пр}} \right)}{A_н^{сум}}$$

$$k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ} = \frac{1}{V} \sum n_i \frac{A_i}{R_{o,i}^{пр}}$$

$$\boxed{Q = 0{,}024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot k_{об}}$$

График зависимости удельной теплозащитной характеристики оболочки от отапливаемого объема здания для ГСОП г. Москвы

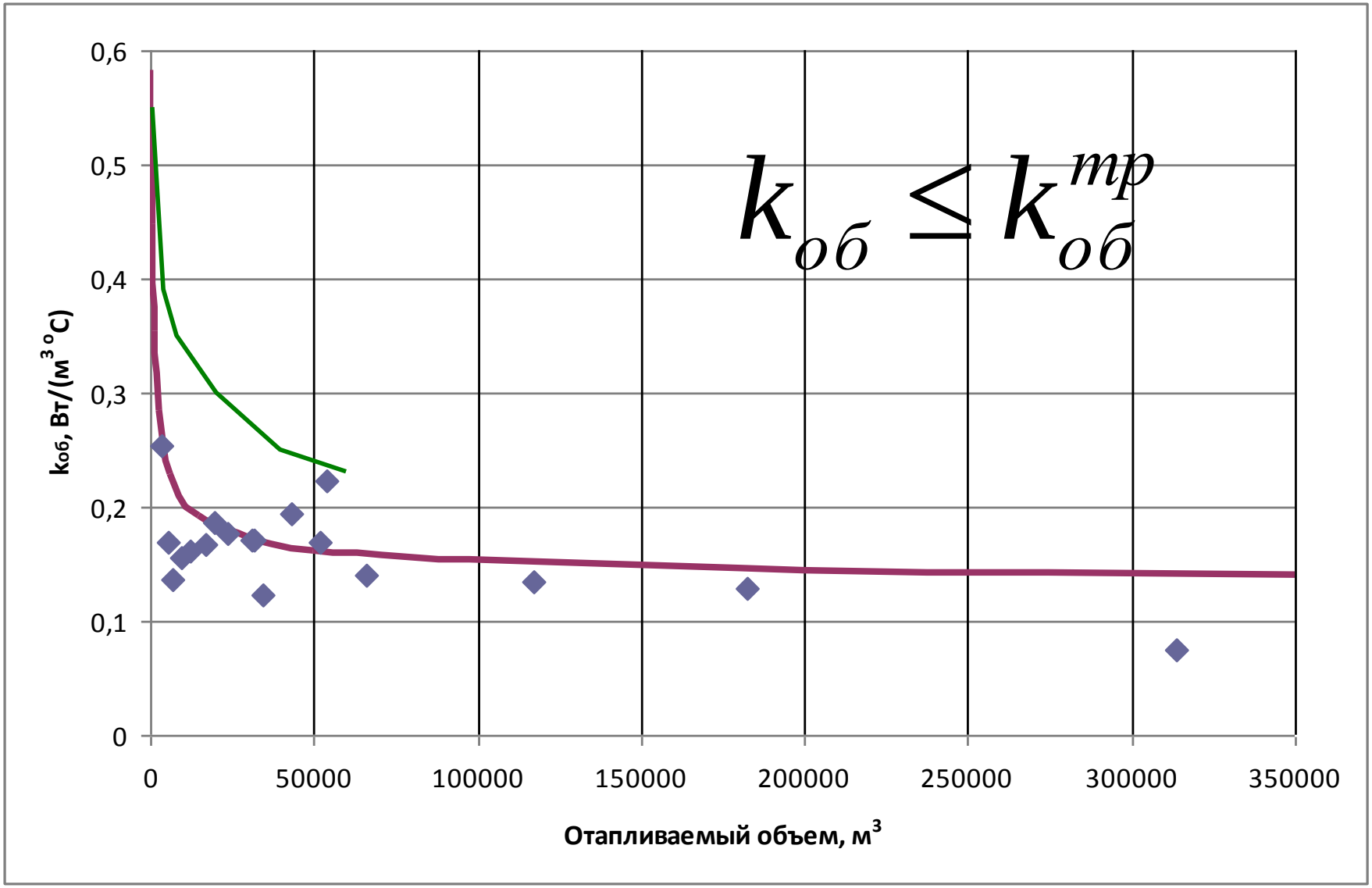


Таблица требуемых значений для удельной теплозащитной характеристики оболочки здания

Отапливаемый объем здания, $V_{от}$, м^3	Значения $k^{тр}_{об}$, Вт/(м^3 ^{o}С), при значениях ГСОП, ^{o}С·сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
150	1,206	0,892	0,708	0,541	0,321
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133
15000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

Сопоставление нормативных значений коэффициента компактности зданий

Китай

Зона	Этажность здания			
	≤ 3	4 - 8	9 - 13	≥14
С суровыми условиями	0.50	0.30	0.28	0.25
С холодными условиями	0.52	0.33	0.30	0.26

Зона	Этажность здания		
	≤ 3	4-11	≥12
С переходными условиями	0.55	0.4	0.35

Россия

	Этажность здания							
	1	2	3	4	5	6-9	10-15	⩾16
Россия	1,1	0,9	0,54	0,43	0,36	0,32	0,29	0,25

Здания около Шанхая с повышенным коэффициентом компактности с затеняющими частями

Два пути снижения удельных теплопотерь через оболочку здания

$$k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ}$$

1. Упрощение формы здания и **снижение коэффициента компактности**.

2. Повышение сопротивления теплопередаче, т.е. толщины утеплителя и увеличение теплотехнической однородности. **Снижение коэффициента теплопередачи здания**.

Влияние объема на удельные потери теплоты через оболочку здания

	Cottage	Five-storey 4-ethyl entrance house	Twelve-story a tower	Twelve-story house many entrances
Volume	360	18 750	14 000	54 880 m^3
Compactness ratio	0,85	0,31	0,27	0,22 m^2/m^3
Factor of heat transfer	0,49	0,53	0,63	0,60 $W/(m^2\,^oC)$
Specific thermal performance characteristic	0,42	0,165	0,169	0,131 $W/(m^3\,^oC)$

Перспективы развития СП 50 «Тепловая защита зданий

При внесении изменения №1 в СП 50.13330.2012 следует:

1. Учесть опыт практического применения и сравнительного использования СП 50.13330.2012
2. Учесть результаты натурных испытаний ГБУ «ЦЭИИС»,
3. Замечания проектировщиков,
4. Замечания преподавателей профильных ВУЗов.
5. Уточнение формулировок в части требований СП 50.13330.2012.
6. Переработка требований и методики расчета расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий. Корректировка коэффициентов, гармонизация с Европейскими методами, корректировка учета теплопоступлений от солнечной радиации.

7. Переработка раздела 8 «Защита от переувлажнения». Предполагается изменить формулировки. Сам метод расчета детализировать, с выделением различных вариантов конструкций, что позволит существенно упростить и сократить работу проектировщика, повысив точность расчетов. Корректировка опирается на проводимые НИОКРы.

Благодарю за внимание!