

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет» Строительно-
политехнический колледж

Строительно-политехнический колледж

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ
ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических и самостоятельных работ по дисциплине

«Энергосбережение в городском хозяйстве»

для студентов направления

08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.3.049.7.002 (075)
ББК 38.54

Составители:

преподаватель Севрюкова К.С.

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилых и общественных зданий: методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Энергосбережение в городском хозяйстве» для студентов направления 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: К.С. Севрюкова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 35 с.

Основной целью методических указаний является объяснение сути теплотехнического расчета, приводится пример выполнения внеаудиторной самостоятельной работы «Теплотехнический расчет ограждающей конструкции».

Предназначены для самостоятельной работы и проведения практических работ по дисциплине «Энергосбережение в городском хозяйстве» для студентов специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле ОП16-ПР1.pdf.

Ил. 3. Табл. 11. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.3.049.7.002 (075)

ББК 38.54

Рецензент - О. Ю. Макаров, д-р техн. наук, проф. кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений». В данных методических указаниях объясняется суть теплотехнического расчета, разбирается пример выполнения внеаудиторной самостоятельной работы «Теплотехнический расчет ограждающей конструкции», в приложениях приведены сведения из нормативных источников (СП) и даны рекомендации по их применению и оформлению работы. Методические указания также могут использоваться при выполнении практической работы «Теплотехнический расчет ограждающей конструкции».

Методические указания имеют лишь некоторые сведения из нормативной литературы. Недостающую информацию можно найти в сводах правил (СП), приведенных в списке литературы, а также в материалах для проектирования фирм-производителей теплоизоляционных плит.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов представляет собой работу, которую выполняют студенты по заданию и под руководством преподавателя без его непосредственного участия.

Целям и задачами самостоятельной работы студентов являются систематизация и закрепление знаний, умений и навыков, полученных в ходе практических занятий; формирование умений работать со специальной и справочной литературой, а также с Интернет-ресурсами; формирование самостоятельности мышления, стремления к самосовершенствованию и самореализации; формирование и развитие общих компетенций и подготовка к формированию профессиональных компетенций согласно ФГОС СПО; овладение практическими навыками применения информационно-коммуникационных технологий в профессиональной деятельности; развитие исследовательских умений.

1. ВИДЫ КОНСТРУКЦИЙ, КОТОРЫЕ ПОДВЕРГАЮТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ

Теплотехническому расчету подвергают ограждающие конструкции: наружные стены, чердачные и подвальные перекрытия при холодных чердаках и подвалах (рис. 1). Если чердак теплый, то расчету подлежит покрытие.

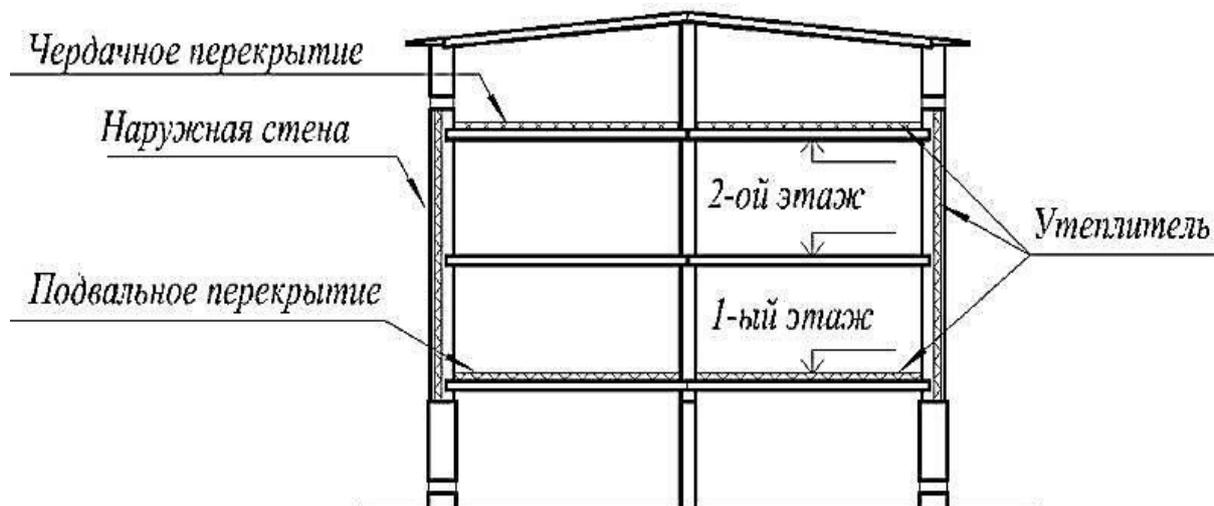


Рис. 1 Ограждающие конструкции

Основное требование к ограждающим конструкциям – теплоизоляция помещений в холодный период года. Для ее обеспечения в состав ограждающих конструкций вводят утеплитель. Материалом утеплителя может служить легкий бетон, плиты из пенополистирола, плиты из каменной ваты, плиты из пенопласта и др. Наиболее часто используют утеплитель из плитных материалов плотностью 35-45 кг/м³. Толщину утеплителя определяют с помощью теплотехнического расчета. Основной нормативный документ для расчета – **СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.**

2. ПРИНЦИП ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

Рассмотрим схему наружной стены, показанной на рис. 2:

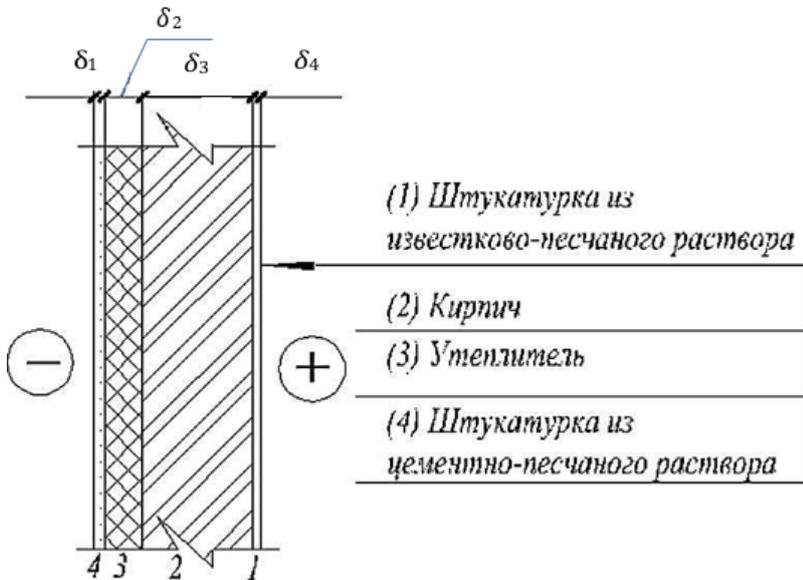


Рис. 2. Схема наружной стены

Примечание:

- На схеме условной штриховкой обозначены материалы слоев и записаны их названия;
- Цифры показывают порядок записи слоев;
- Знак «+» обозначает поверхность, обращенную в сторону помещения;
- Знак «-» обозначает поверхность, обращенную в сторону улицы;
- δ_1 ; δ_2 ; δ_3 ; δ_4 – толщины каждого слоя.

Сопротивление теплопередаче стены должно быть не меньше нормируемых значений.

Нормируемое значение определяется по СП 50.13330.2012 как R_0^{TP} (базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче). **Подробнее см. приложение 1 данного пособия.**

Стена состоит из четырех слоев. Каждый слой обладает сопротивлением теплопередаче, которое определяется по формуле (Е.7) СП 50.13330.2012:

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (1)$$

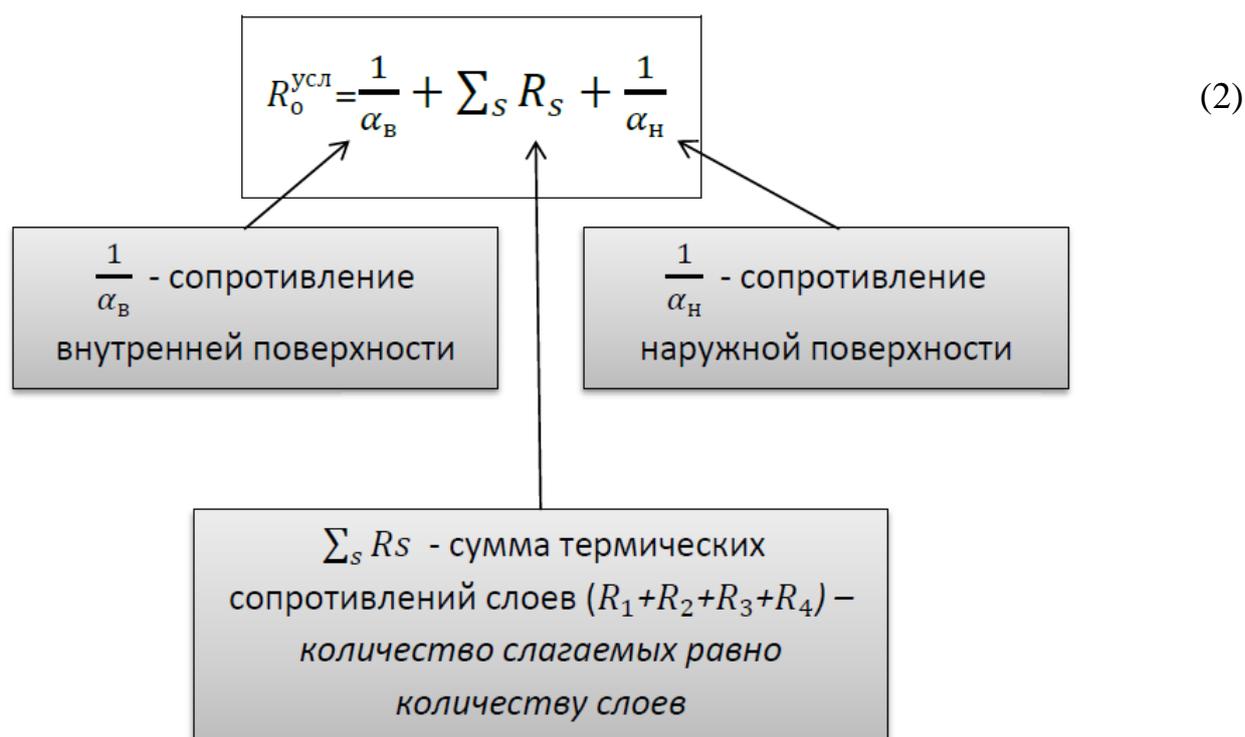
где R_s - термическое сопротивление каждого слоя; δ_s – толщина каждого слоя; λ_s - расчетные теплопроводности материалов каждого слоя

Таким образом, для данного примера формула (1) применяется так:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1}; R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2}; R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3}; R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4}$$

где $R_1; R_2; R_3; R_4$ - термическое сопротивление слоев; $\lambda_1; \lambda_2; \lambda_3; \lambda_4$ - расчетные теплопроводности материалов каждого слоя, которые можно найти в таблице Т.1 (приложение Т, СП 50.13330.2012).

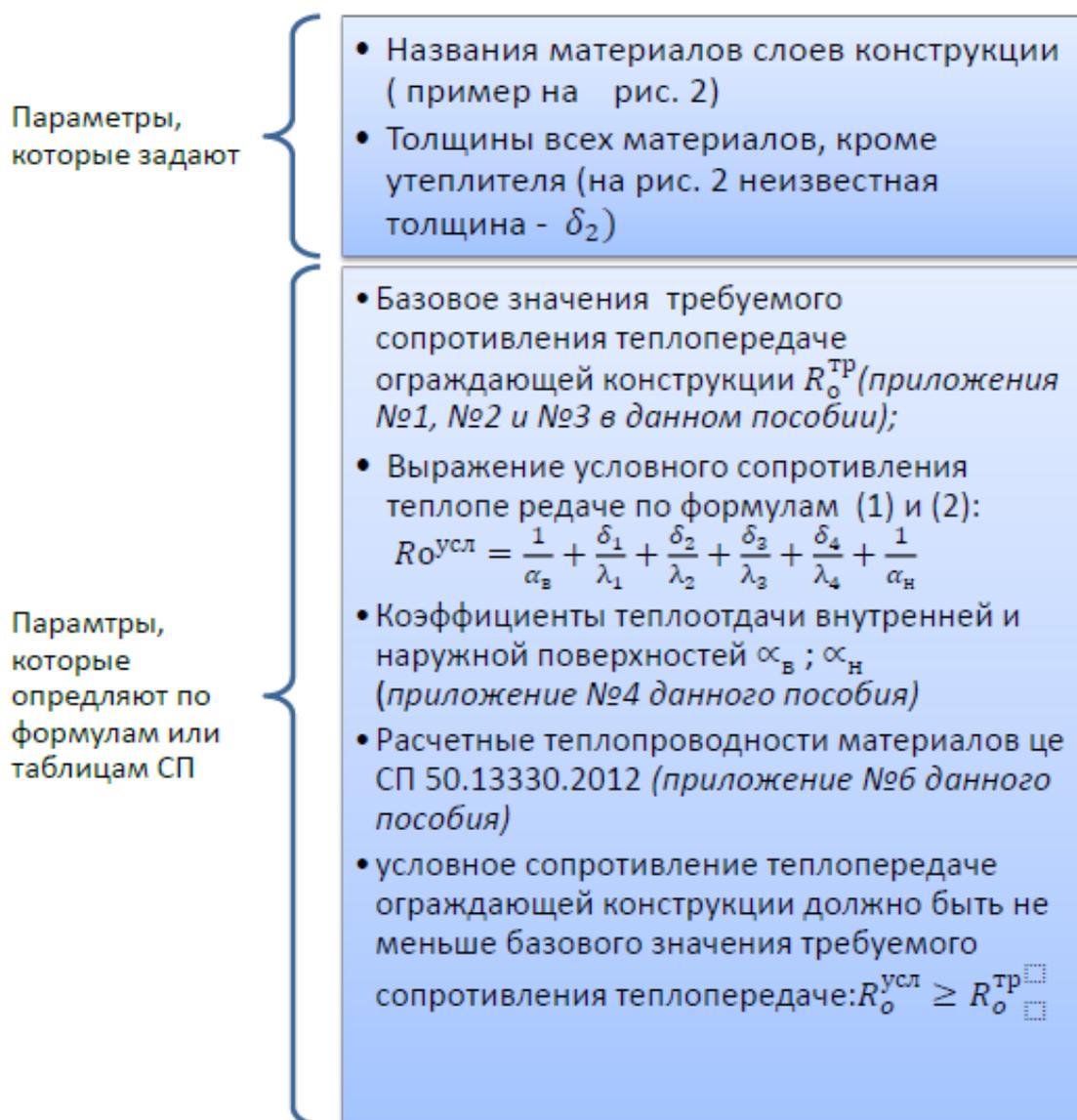
Согласно формуле (Е.6) СП 50.13330.2012 условное сопротивление теплопередаче ($R_o^{усл}$) стены складывается из термических сопротивлений ее слоев. Следует также учесть сопротивления внутренней и наружной поверхностей стены:



Коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ($\alpha_в$ и $\alpha_н$) даны в таблицах 4 и 6 СП 50.13330.2012 (или определяются по приложению №1 данного пособия)

Условное сопротивление теплопередаче $R_o^{усл}$ должно быть не меньше базового значения требуемого сопротивления теплопередаче $R_o^{тр}$

Подведем итог.



Приравнявая условное сопротивление теплопередаче к нормируемому значению ($R_o^{усл} = R_o^{тр}$) можно получить уравнение с одним неизвестным (остальные параметра заданы либо находятся согласно СП 50.13330.2012):

Неизвестная толщина (δ_2)

$$\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_н} = R_o^{тр} \quad (3)$$

Толщины материалов следует подставлять в формулу в метрах с точностью до трех знаков после запятой.

В ходе решения уравнения получается требуемая толщина утеплителя, при которой конструкция обладает нормируемым сопротивлением теплопередаче.

Результат следует откорректировать в соответствии с толщинами утеплителя, выпускаемыми заводами – изготовителями.

Чаще всего толщины эффективных утеплителей кратны 10 мм (предельная толщина 200 мм). Желательно для этих целей изучить проектные материалы фирм – производителей плитных материалов.

ПРИМЕР НЕКОТОРЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ

НАЗВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПЛИТ	ТОЛЩИНА ПЛИТ, мм
Экструдированные пенополистирольные плиты «ПЕНОПЛЕКС» плотностью 33 – 38 кг/м ³	20, 30, 40, 50, 60, 80, 100
Минераловатные плиты из каменной ваты «ФЛОР БАТСС С» плотностью 160 кг/ м ³	50; 80; 100; 120; 150; 180; 200

Например, после теплотехнического расчета толщина экструдированных пенополистирольных плит получилась 117 мм, следует округлить до 120 мм и назначить два слоя по 60 мм или один слой 100 мм, второй 20 мм.

3. ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА. ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

1. Здание школы
2. Город Димитров
3. Слои стены:
 - штукатурка из известково-песчаного раствора толщиной 10 мм;
 - несущая часть стены из газобетона толщиной 160 мм;
 - утеплитель из пенополистирольных плит;
 - защитная кладка из глиняного облицовочного кирпича.
4. Дополнительные данные:
 - плотность утеплителя назначить 35 кг/м³;
 - облицовочный кирпич считать, как глиняный натуральный на цементном растворе.

ЗАДАНИЕ: рассчитать толщину утеплителя наружной стены.

ПОРЯДОК РАСЧЕТА:

1. Расчетная схема



2. Нормируемое сопротивление теплопередаче

Согласно приложению №1 данного пособия для нахождения базового значения сопротивления теплопередаче следует рассчитать градусосутки отопительного периода:

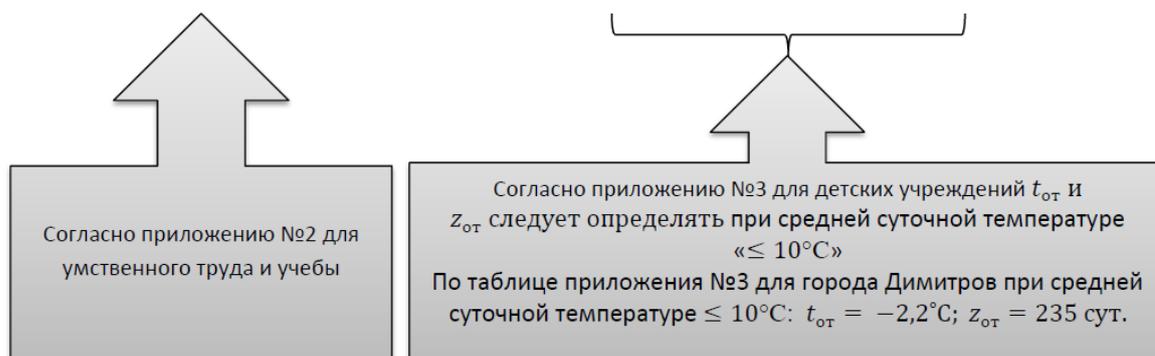
$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) * Z_{от} \quad (4)$$

где $t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха зданий;

$t_{от}$ – температура наружного воздуха;

$z_{от}$ - средняя продолжительность суток отопительного периода.

$t_{в}; ^\circ\text{C}$	$t_{от}; ^\circ\text{C}$	$z_{от}; \text{сут.}$
18	-2,2	235



Подставляем найденные параметры в формулу:

$$\text{ГСОП} = (18 - (-2,2)) * 235 = 4747^\circ \text{C} * \text{сут.}$$

В таблице приложения №1 напротив строчек общественных зданий ищем градусосутки отопительного периода. Так как градусосутки не совпали с табличными, то согласно примечанию к таблице, базовое значение сопротивления теплопередаче следует считать по формуле (5):

$$R_0^{\text{TP}} = a * \text{ГСОП} + b \quad (5)$$

$a=0,00035$ $b=1,4$	По таблице приложения №1 для стен жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, интернатов.
------------------------	---

$$R_0^{\text{TP}} = 0,00035 * 4747 + 1,4 = 3,06 (\text{м}^2 * ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$$

3. Условия эксплуатации

Так как условия эксплуатации не заданы, то определяем их с помощью приложений данного пособия:

- согласно приложению №2 оптимальные параметры микроклимата школы: температура воздуха: $+18^\circ\text{C}$; влажность воздуха: 60%;

- согласно приложению №5, таблица 5.1 влажностный режим помещения: «нормальный»

Город Димитров относится к Московской области, по карте зон влажности (приложение №5, рис. 5.1) определим название зоны влажности: «нормальная»;

По названиям влажностного режима помещения («нормальный») и зоны влажности наружного воздуха («нормальная») с помощью таблицы 5.2 приложения №5 – условия эксплуатации – «Б».

4. *Выражение условного сопротивления теплопередаче:*

$$R_o^{усл} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_H} \quad (6)$$

Согласно формулам (1) и (2) данного пособия коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей:

$\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$	По таблицам 4.1 и 4.2 приложения №4
$\alpha_H = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$	

По таблице 6.1. приложения 6 и исходным данным характеристики материалов:

Название материала	Плотность, $\rho_0, \text{ кг}/\text{м}^3$	Толщина $\delta, \text{ м}$	Расчетные теплопроводности $\lambda, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ для условий эксплуатации «Б»
Известково-песчаный раствор	1600	10мм = 0,01м	0,81
Газобетон	1000	160мм = 0,16 м	0,43
Пенополистирол	35	?	0,046
Глиняный натуральный кирпич	1800	65мм = 0,065 м	0,81

Подстановка найденных значений в выражение $R_o^{усл}$ → $R_o^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,16}{0,43} + \frac{\delta_3}{0,046} + \frac{0,065}{0,81} + \frac{1}{23}$

1. *Приравнивание условного сопротивления теплопередаче к нормируемому сопротивлению инахождение толщины утеплителя:*

$$R_o^{усл} = R_o^{тр}$$

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,16}{0,43} + \frac{\delta_3}{0,046} + \frac{0,065}{0,81} + \frac{1}{23} = 3,06$$

$$\frac{\delta_3}{0,046} = 3,06 - 0,115 - 0,012 - 0,372 - 0,080 - 0,043$$

$$\frac{\delta_3}{0,046} = 2,44$$

$$\delta_3 = 0,112 \text{ м} = 112 \text{ мм}$$

Назначить толщину утеплителя 120 мм – два слоя плит по 60 мм из пенополистирола

Приложение №1 «Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций на основе таблицы 3 СП 50.13330.2012»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ:

1. Прежде чем пользоваться таблицей сначала рекомендуется сосчитать градусосутки отопительного периода по формуле (5.2) СП 50.13330.2012:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) * z_{\text{от}} \quad (4)$$

где $t_{\text{в}}$ - расчетная температура внутреннего воздуха зданий, принимаемая согласно приложению №2 данного пособия

$t_{\text{от}}$; $z_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха и продолжительность суток отопительного периода, принимаемая согласно приложению №3 данного пособия

Таблица 1.1. «Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций»

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусосутки отопительного периода, °С*сут/год	Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{\text{ТР}}$, (м ² *°С)/Вт		
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы, общежития	2000	2.1	3.2	2.8
	4000	2.8	4.2	3.7
	6000	3.5	5.2	4.6
	8000	4.2	6.2	5.5
	10000	4.9	7.2	6.4
	12000	5.6	8.2	7.3
a	---	0.00035	0.0005	0.00045
b	---	1.4	2.2	1.9
2. Общественные, кроме указанных выше зданий, административные и бытовые, производственные и другие здания с влажным	2000	1.8	2.4	2.0
	4000	2.4	3.2	2.7
	6000	3.0	4.0	3.4
	8000	3.6	4.8	4.1
	10000	4.2	5.6	4.8
	12000	4.8	6.4	5.5

или мокрым режимом				
<i>a</i>	---	0.0003	0.0004	0.00035
<i>B</i>	---	1.2	1.6	1.3
3.Производственные здания с сухим и нормальным режимом	2000	1.4	2.0	1.4
	4000	1.8	2.5	1.8
	6000	2.2	3.0	2.2
	8000	2.6	3.5	2.6
	10000	3.0	4.0	3.0
	12000	3.4	4.5	3.4
<i>a</i>	---	0.0002	0.00025	0.0002
<i>B</i>	---	1.0	1.5	1.0
<p>Примечание: Значения R_o^{mp} для величин ГСОП, отличающихся от табличных значений, следует определять по формуле:</p> $R_o^{mp} = a * ГСОП + b \quad (5)$ <p>Коэффициенты <i>a</i> и <i>b</i> принимают по таблицы для соответствующих названий зданий; ГСОП – градусосутки отопительного периода.</p>				

Приложение №2 «Параметры микроклимата помещений на основе ГОСТа 30494-2011 и ГОСТа 12.1.005-88»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ:

1. Учебный расчет обычно делают только для основных помещений: для жилых зданий – жилые комнаты, для школ - помещения для умственного труда и учебы и т.п.

2. Параметры температуры и влажности для теплорасчета принимают по наименьшим оптимальным значениям (для жилых комнат – 20°C)

Таблица 2.1 - Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий согласно ГОСТ 30494-2011

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	45-30	60
	Жилая комната в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31°C и ниже	21-23	20-24 (22-24)	45-30	60
	Кухня	19-21	18-26	Не нормируется	
	Туалет	19-21	18-26	Не нормируется	
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	Не нормируется	
	Помещения для отдыха и	20-22	18-24	45-30	60

	учебных занятий				
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	45-30	60
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	Не нормируется	
	Кладовые	16-18	12-22	Не нормируется	
Теплый	Жилая комната	22-25	20-28	60-30	65

Таблица 2.2 - Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне детских дошкольных учреждений согласно ГОСТ 30494-2011

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более
Холодный	Групповая раздевальная и туалет:				
	для ясельных и младших групп	21-23	20-24	45-30	60
	для средних и дошкольных групп	19-21	18-25	45-30	60
	Спальня:				
	для ясельных и младших групп	20-22	19-23	45-30	60
	для средних и дошкольных групп	19-21	18-23	45-30	60

	Вестибюль, лестничная клетка	18-20	16-22	Не норми- руется	Не норми- руется
Теплый	Групповые спальни	23-25	18-28	60-30	65

Таблица 2.3 - Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности в обслуживаемой зоне общественных и административных зданий согласно ГОСТ 30494-2011

Период года	Наименование помещения или категория	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более
Холодный	1	20-22	18-24	45-30	60
	2	19-21	18-23	45-30	60
	3а	20-21	19-23	45-30	60
	3б	14-16	12-17	45-30	60
	3в	18-20	16-22	45-30	60
	4	17-19	15-21	45-30	60
	5	20-22	20-24	45-30	60
	6	16-18	14-20	Не нормируется	
	Ванные, душевые	24-26	18-28	Не нормируется	
Теплый	Помещения с постоянным пребыванием людей	23-25	18-28	60-30	65

Примечания:

- помещения 1-й категории: помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха;

- помещения 2-й категории: помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебной;

- помещения 3а категории: помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды;
- помещения 3б категории: помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде;
- помещения 3в категории: помещения с массовым пребыванием людей, в которых люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды;
- помещения 4-й категории: помещения для занятий подвижными видами спорта;
- помещения 5-й категории: помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т.п.); -
- помещения 6-й категории: помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые).

Таблица 2.4 «Температура и влажность воздуха помещений производственных зданий для холодного периода года согласно ГОСТ 12.1.005-88»:

Назначение или наименование помещений	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	
	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Легкие физические работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением	22 - 24	21 - 25	40 - 60	75
Легкие физические работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением	21 - 23	17 - 24	40 - 60	75
Средней тяжести физические работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких деталей и предметов в положении стоя или сидя и требующие и	18 - 20	17 - 23	40 - 60	75

определенного физического напряжения				
Средней тяжести физические работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением	17 - 19	15 - 21	40 - 60	75
Тяжелые физические работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением и переноской тяжестей свыше 10 кг и требующие больших физических усилий	16 - 18	13 - 19	40 - 60	75

Приложение №3 «Продолжительность суток отопительного периода и средняя температура наружного воздуха для некоторых областей на основе СП 131.13330.2012»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ:

1. *Прежде чем пользоваться таблицей, следует определить, при какой средней суточной температуре наружного воздуха ($\leq 0^{\circ}\text{C}$; $\leq 8^{\circ}\text{C}$; $\leq 10^{\circ}\text{C}$) начинается отапливаемый период:*

НАЗВАНИЯ ЗДАНИЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ	СРЕДНЯЯ СУТОЧНАЯ ТЕМПЕРАТУРА
Лечебно-профилактические, детские учреждения, дома-интернаты для престарелых	$\leq 10^{\circ}\text{C}$
Все остальные здания (жилые и др.)	$\leq 8^{\circ}\text{C}$
В СП 131.13330.2012 не указаны случаи применения	$\leq 0^{\circ}\text{C}$

2. *Затем следует найти столбцы « $z_{от}$ » и « $t_{от}$ » под соответствующей среднесуточной температурой;*
3. *На пересечении столбцов « $z_{от}$ » и « $t_{от}$ » со строчкой с названием заданного города, области (первый столбец таблицы) находятся искомые параметры.*

Таблица 3.1. «Продолжительность суток отопительного периода и средняя температура воздуха»

Республика, край, область, пункт	Продолжительность суток отопительного периода и средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой:					
	$\leq 0^{\circ}\text{C}$		$\leq 8^{\circ}\text{C}$		$\leq 10^{\circ}\text{C}$	
	$z_{от}$	$t_{от}$	$z_{от}$	$t_{от}$	$z_{от}$	$t_{от}$
Краснодарский край						
Красная поляна	0	-	155	3	181	3,8
Краснодар	41	-0,2	145	2,5	165	3,3
Ленинградская область						
Свирица	152	-6,4	228	-2,9	249	-1,9
Тихвин	148	-6,2	223	-2,7	243	-1,8
Санкт-Петербург	131	-4,6	213	-1,3	232	-0,4
Владимирская область						
Владимир	148	-6,9	213	-3,5	230	-2,6
Муром	150	-7,4	214	-4,0	230	-3,1
Вологодская область						
Вологда	157	-7,6	228	-4,0	246	-3,0

Вытегра	154	-7,0	230	-3,4	250	-2,4
Никольск	162	-8,5	231	-4,7	250	-3,7
Воронежская область						
Воронеж	130	-5,5	190	-2,5	206	-1,6
Московская область						
Димитров	147	-6,5	216	-3,1	235	-2,2
Кашира	147	-6,7	212	-3,4	229	-2,5
Москва	135	-5,5	205	-2,2	223	-1,3
Нижегородская область						
Арзамас	156	-8,1	216	-4,7	232	-3,8
Выкса	149	-7,3	212	-4,0	228	-3,1
Нижний Новгород	151	-7,5	215	-4,1	231	-3,2
Новгородская область						
Боровичи	145	-6,4	220	-2,8	239	-1,8
Великий Новгород	143	-5,7	221	-2,3	239	-1,4
Псковская область						
Великие Луки	130	-4,9	208	-1,5	228	-0,6
Псков	130	-4,6	208	-1,3	229	-0,4

Приложение №4 «Коэффициенты теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей ограждения на основе таблиц 4 и 6 СП 50.13330.2012»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ:

1. Параметр выбора коэффициентов – название конструкции («внутренняя поверхность ограждения» в таблицах);
2. Чердачное перекрытие следует рассматривать как гладкий потолок;
3. Потолки с выступающими ребрами возможны только при применении ребристых плит (например, покрытие промышленного здания);
4. Перекрытия над холодными подвалами рекомендуется рассматривать как перекрытия над холодными подвалами, сообщаемыми с наружным воздухом.

Таблица 4.1. «Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения»

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения α_v	
Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_v, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты h рёбер к расстоянию a между гранями соседних рёбер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты h рёбер к расстоянию a между гранями соседних рёбер $h/a \leq 0,3$	7,6
3. Окон	8.0
4. Зенитных фонарей	9,9

Таблица 4.2. «Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения»

Коэффициент теплопередаче наружной поверхности ограждения α_n	
Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи α_n , Вт/(м ² *°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями, не вентилируемых наружным воздухом	6

Приложение №5 «Условия эксплуатации на основе таблиц и карты зон влажности СП 50.13330.2012»

РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Влажность внутреннего воздуха помещений и температуру определяют по приложению № 2;
2. По влажности воздуха и температуре помещения с помощью таблицы 5.1 находят название влажностного режима помещений («сухой», «нормальный», «влажный», «мокрый»);
3. По карте зон влажности для заданного города определяют название зоны влажности («сухая», «нормальная», «влажная»);
4. По таблице 5.2 находят условия эксплуатации (по названиям влажностного режима помещения и зоны влажности)

Таблица 5.1. «Влажностный режим помещений (таблица 1, СП50.13330.2012)»

1. Находят столбец, к которому относится температура помещения

Режим	Влажность внутреннего воздуха, % при температуре		
	До 12°С	От 12 до 24°С	Выше 24°С
Сухой	До 60	До 60	До 60
Нормальный	От 60 до 75	От 50 до 60	От 40 до 50
Влажный	Свыше 75	От 60 до 71	Свыше 75
Мокрый		Свыше 75	

3. По строчке с влажностью воздуха находят название влажностного режима

2. Находят в столбце строчку, соответствующую значению влажности воздуха помещения

Таблица 5.2 «Условия эксплуатации ограждающих конструкций (таблица 2 СП50.13330.2012)»



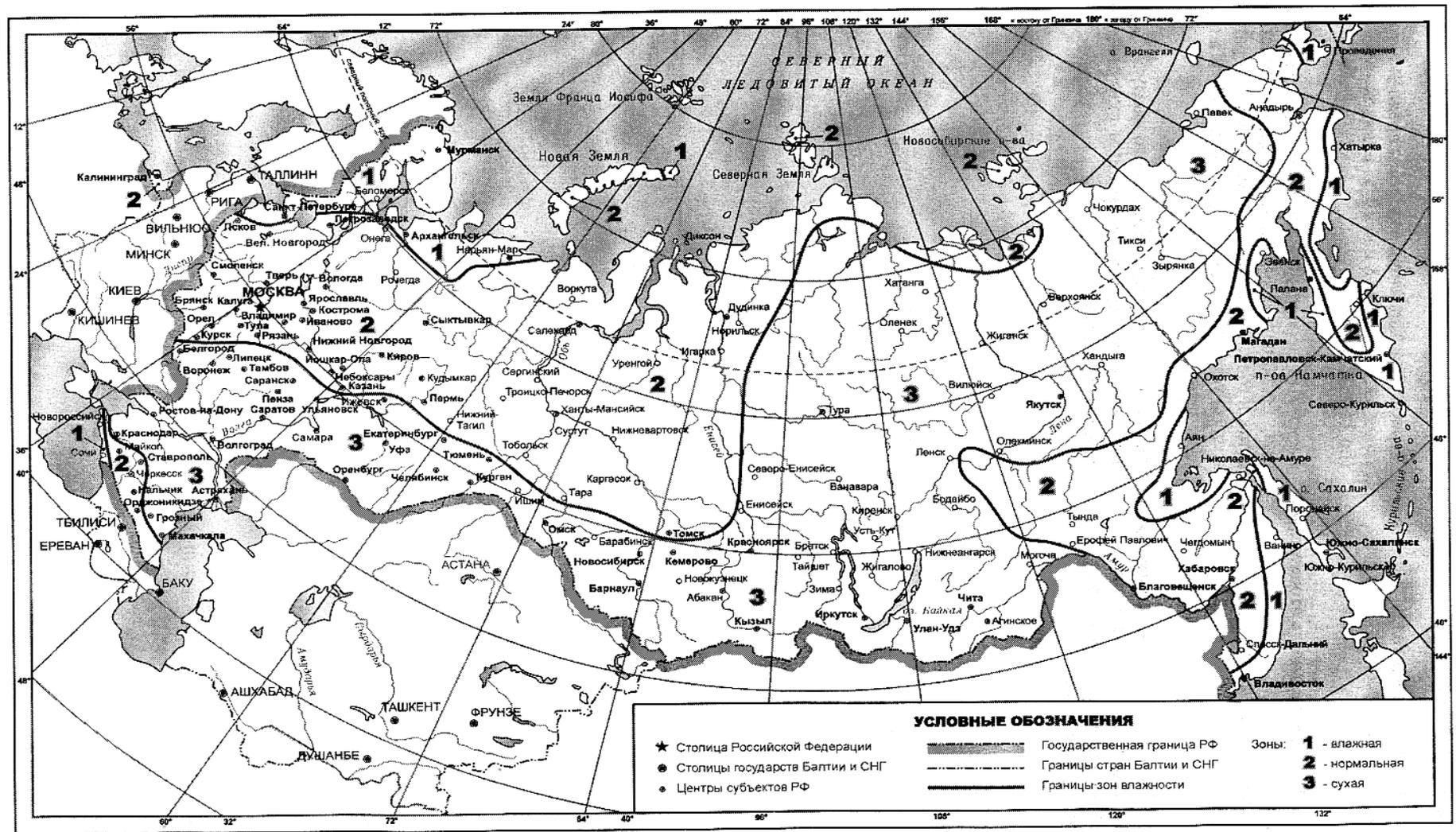


Рис. 5.1. Карта зон влажности (приложение В, СП50.13330.2012)

Приложение №6 «Расчетная теплопроводность некоторых материалов на основе таблицы Т.1 (приложение Т) СП 50.13330.2012»

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ:

1. *Перед применением таблицы по приложению 5 определяют условия эксплуатации (условия эксплуатации могут быть заданы в задании);*
2. *Рекомендуется записывать плотность выбранного материала, так как для одного и того же материала предлагается несколько вариантов.*

Таблица 6.1. «Расчетная теплопроводность материалов»

Материал	Плотность ρ_0 , кг/м ³	Расчетная теплопроводность λ , Вт/(м ² *°С) при условиях эксплуатации	
		А	Б
Теплоизоляционные материалы			
Плиты из пенополистирола	До 10	0,052	0,059
То же	10 - 12	0,044	0,005
То же	12 - 14	0,043	0,049
То же	14 - 15	0,042	0,048
То же	15 - 17	0,041	0,047
То же	17 - 20	0,040	0,046
То же	20 - 25	0,038	0,044
То же	25 - 30	0,038	0,044
То же	30 - 35	0,040	0,046
То же	35 - 38	0,040	0,046
Экструдированный пенополистирол	25 - 33	0,030	0,031
То же	35 - 45	0,031	0,032
Пенополиуретан	80	0,042	0,050
То же	60	0,036	0,041
То же	40	0,031	0,040
Плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,045	0,048
То же	140 - 175	0,043	0,046
То же	80 - 125	0,042	0,045
То же	40 - 60	0,041	0,044
То же	25 - 50	0,042	0,045
Плиты из резольно-формальдегидного пенопласта	80	0,051	0,071
То же	50	0,045	0,064

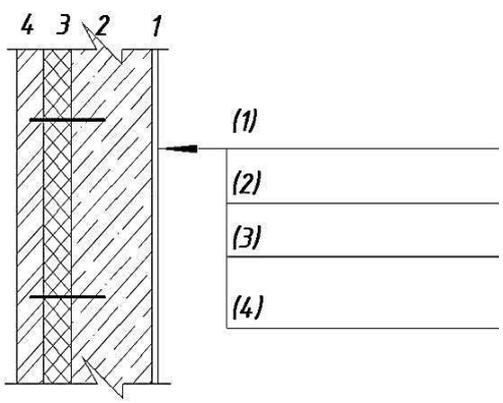
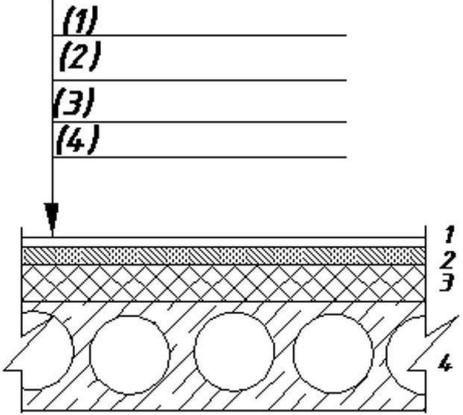
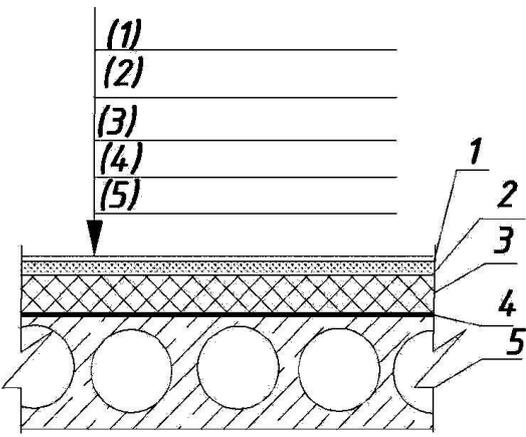
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	1000	0,23	0,29
То же	800	0,19	0,23
То же	600	0,13	0,16
То же	400	0,11	0,13
То же	200	0,07	0,08
Плиты из гипса	1350	0,50	0,56
То же	1100	0,35	0,41
Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	1050	0,34	0,36
Засыпки			
Гравий керамзитовый	600	0,17	0,19
То же	500	0,15	0,165
То же	450	0,14	0,155
То же	400	0,13	0,145
То же	350	0,125	0,14
То же	300	0,12	0,13
Гравий керамзитовый	250	0,11	0,12
То же	200	0,10	0,11
Щебень шлакопемзовый и аглопорлитовый (ГОСТ 9757)	800	0,21	0,26
То же	700	0,19	0,23
Щебень шлакопемзовый и аглопоритовый (ГОСТ 9757)	600	0,18	0,21
То же	500	0,16	0,19
То же	400	0,14	0,16
Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,10	0,11
То же	400	0,087	0,095
То же	350	0,081	0,085
То же	300	0,076	0,08
Песок для строительных работ (ГОСТ 12865)	1600	0,47	0,58
Конструкционные и конструкционно-теплоизоляционные материалы			
Бетоны на искусственных пористых заполнителях			
Керамзитовый бетон на керамзитовом песке	1800	0,80	0,92
То же	1600	0,67	0,89

То же	1400	0,56	0,65
То же	1200	0,44	0,52
Керамзитобетон на кварцевом песке с умеренной (до $\gamma_v=12\%$) поризацией	1200	0,52	0,58
То же	1000	0,41	0,47
То же	800	0,29	0,35
Керамзитобетон беспесчаный	700	0,145	0,155
То же	600	0,140	0,150
То же	500	0,130	0,140
То же	400	0,115	0,125
То же	300	0,105	0,110
Бетоны особо легкие на пористых заполнителях и ячеистые			
Полистиролбетон на портландцементе (ГОСТ Р 51263)	600	0,175	0,20
Полистиролбетон модифицированный на шлакопортландцементе	500	0,13	0,14
Газо- и пенобетон на цементном вяжущем	1000	0,38	0,43
То же	800	0,33	0,37
То же	600	0,22	0,26
То же	400	0,14	0,15
Кирпичная кладка из сплошного кирпича			
Глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,70	0,81
Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,64	0,76
Глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,58	0,7
Силикатного на цементно-песчаном растворе	1800	0,76	0,87
Шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,64	0,70
Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,58	0,64
Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,52	0,58

Керамического пустотного плотностью 1200 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1200	0,47	0,52
Силикатного одиннадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1500	0,70	0,81
Силикатного четырнадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1400	0,64	0,76
Дерево, и изделия из него			
Сосна и ель поперек волокон	500	0.14	0.18
Сосна ель вдоль волокон	500	0.29	0.35
Дуб поперёк волокон	700	0.18	0.23
Дуб вдоль волокон	700	0.35	0.41
Фанера клееная	600	0.15	0.18
Картон облицовочный	1000	0,21	0,23
Картон строительный многослойный	650	0,15	0,18
Конструкционные материалы			
Бетоны			
Железобетон	2500	1,92	2,04
Бетон на гравии или щебня из природного камня	2400	1,74	1,86
Раствор цементно-песчаный	1800	0,76	0,93
Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,70	0,87
Раствор известково-песчаный	1600	0,70	0,81
Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов			
Листы асбестоцементные плоские	1800	0.47	0.52
Битумы нефтяные строительные и кровельные	1400	0.27	0.27
Битумы нефтяные строительные и кровельные	1200	0.22	0.22
Битумы нефтяные строительные и кровельные	1000	0.17	0.17
Асфальтобетон	2100	1.05	1.05
Рубероид, пергамин	600	0.17	0.17
Пенополиэтилен	26	0,049	0,050
То же	30	0,050	0,050
Линолеум поливинилхлоридный на теплоизолирующей подоснове	1800	0.38	0.38
То же	1600	0.33	0.33
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой	1800	0.35	0.35

подоснове			
То же	1600	0.29	0.29
То же	1400	0.23	0.23
Металлы и стекло			
Сталь стержневая арматурная	7850	58	58
Стекло оконное	2500	0,76	0 76

Приложение № 7 «Оформление расчетных схем на основе ГОСТ Р 21.101-2020 Основные требования к проектной и рабочей документации»

<p align="center">Схема стены</p>	<p align="center">Рекомендации по оформлению схем</p>
	
<p align="center">Схема перекрытия</p> 	<p>На полках выносах должны быть написаны названия слоев и материалов (см. пример теплотехнического расчета в данном пособии)</p> <p>Цифрами показана последовательность расположения слоев конструкций и надписей на полках выносах</p> <p>Полки-выноски должны находиться на одинаковом расстоянии друг от друга</p>
<p align="center">Схема перекрытия с обозначением позиций на полках -выносах</p>	<p>Номера позиций (1, 2, 3 ...) наносят</p>
	<p>рядом с изображением в пределах контура части элемента или на полках – выносах:</p>

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003;
2. СП 131.13330.2020. «Строительная климатология»;
3. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (Переиздание с поправками);
4. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
5. ГОСТ Р 21.101-2020 Основные требования к проектной и рабочей документации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
1. ВИДЫ КОНСТРУКЦИЙ, КОТОРЫЕ ПОДВЕРГАЮТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ	4
2. ПРИНЦИП ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА	5
3. ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА. ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ.....	9
Приложение №1 «Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций на основе таблицы 3 СП 50.13330.2012».....	13
Приложение №2 «Параметры микроклимата помещений на основе ГОСТа 30494-2011 и ГОСТа 12.1.005-88».....	15
Приложение №3 «Продолжительность суток отопительного периода и средняя температура наружного воздуха для некоторых областей на основе СП 131.13330.2012»	20
Приложение №4 «Коэффициенты теплоотдачи наружной и внутренней поверхностей ограждения на основе таблиц 4 и 6 СП 50.13330.2012»	22
Приложение №5 «Условия эксплуатации на основе таблиц и карты зон влажности СП 50.13330.2012»	24
Приложение №6 «Расчетная теплопроводность некоторых материалов на основе таблицы Т.1 (приложение Т) СП 50.13330.2012»	24
Приложение № 7 «Оформление расчетных схем на основе ГОСТ Р 21.101- 2020 Основные требования к проектной и рабочей документации».....	32
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	33

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических и самостоятельных работ по дисциплине
«Энергосбережение в городском хозяйстве»
для студентов направления 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зда-
ний и сооружений»
всех форм обучения

Составители: Севрюкова Кристина Сергеевна

Компьютерный набор К.С. Севрюкова

Подписано к изданию .

Уч.-изд. л. .

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14