МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Методические указания к курсовому проекту по дисциплине:

Б.1В.05 Методы прогнозирования долговечности строительных материалов, изделий и конструкций

Направление подготовки
08.04.01 Строительство

Программа академической магистратуры
Долговечность и эксплуатационная надежность строительных конструкций зданий и сооружений

Квалификация выпускника
МАГИСТР

Форма обучения
Очная

Кафедра
Строительных материалов

г.Казань 2016

Методические указания по курсовому проекту по дисципине **«Методы прогнозирования долговечности строительных материалов, изделий и конструкций»** разработана с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (уровень магистратуры), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от “30” октября 2014 г. № 1419 и в соответствии с рабочим учебным планом 08.04.01 Строительство (уровень магистратуры), утвержденным Учёным советом университета .

Разработал:
доцент кафедры строительных материалов
к.т.н. Шелихов Н.С.

Задание: Разработать вариант теплоизоляции строительной конструкции, дать прогноз долговечности по критерию теплозащиты и определить срок службы. Составить технологическую карту на работы по теплоизоляции.

№ варианта	Вид конструкции	Район строительства	Вид теплоизоляции	Норм. документ
1.	Стена с колодцевой кладкой	г. Казань	Пенобетон	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
2.	Наружное утепление с тонкослойной штукатуркой	г.Ижевск	Каменная вата	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
3.	Наружное утепление с толстослойной штукатуркой	г. Москва	Пеностекло	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
4.	Вентилируемый фасад	г.С-Петербург	Пенополистирол	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
5.	Плоская кровля	г.Екатеринбур	Керамзитовый гравий	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
6.	Перекрытие над подвалом	г. Сочи	Стекловата	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
7.	Каркасная стена	г. Новосибирск	Эковата	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
8.	Внутреннее утепление стены	г.Улан-Удэ	Пенополистирол	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
2.	Наружное утепление с тонкослойной штукатуркой	г. Н.Челны	Каменная вата	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
2.	Наружное утепление с тонкослойной штукатуркой	г.Альметьевск	Стекловата	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012
11	Наружное утепление с тонкослойной штукатуркой	Тверь	Газобетон	СНиП 23-02-2003 СП 50.13330.2012

Примечания.

Использовать для прогнозирования долговечности критерий «теплозащиты».

Пояснительная записка должна содержать:

а) теоретическую часть с обоснованием принятого метода оценки долговечности;

б) расчетную часть с необходимыми расчетами и графиками;

в) графическую часть на листах формата А4 с изображением конструкции и описанием технологии её изготовления; характеристикой района строительства и параметров среды, а также необходимыми пояснениями.

Теплотехнические расчеты при проектировании тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий

Ограждающая конструкция здания, где постоянно присутствуют люди, должна обеспечивать надлежащую тепловую защиту.

Тепловая защита - это совокупности наружных и внутренних ограждающих конструкций здания, обеспечивающие заданный уровень расхода тепловой энергии здания с учетом воздухообмена помещений не выше допустимых пределов, а также воздухопроницаемость помещений и их защиту от переувлажнения при оптимальных параметрах микроклимата.

Строительными нормами установлены три показателя тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей "а" и "б" либо "б" и "в". В зданиях производственного назначения должны соблюдаться требования показателей "а" и "б".

В соответствии с этим, установлены следующие соответствия нормируемых и расчетных теплофизических показателей наружных ограждающих конструкций.

Наружные ограждающие конструкции зданий должны удовлетворять:

- нормируемому сопротивлению теплопередаче R_{req} (для однородных конструкций по приведенному сопротивлению теплопередаче - R_0, для неоднородных конструкций - по приведенному сопротивлению теплопередаче R^r_o); при этом должно соблюдаться условие R_o (или R^r_o) $\geq R_{req}$;

- расчетному температурному перепаду Δt_0 между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, определяемому по формуле (4) СНиП 23-02; при этом расчетный температурный перепад не должен превышать нормируемых величин, Δt_n установленных в таблице 5 СНиП 23-02;

- минимальной температуре, равной температуре точки росы t_d при расчетных условиях внутри помещения на всех участках внутренней поверхности наружных ограждений с температурами t_{int}; при этом должно соблюдаться условие $t_{int} \geq t_d$.

Общая схема проектирования тепловой защиты знания по современным теплотехническим нормативам представлена на рисунке 1.

Одним из требований, предъявляемых к наружным ограждениям зданий является условие, чтобы величина их *приведенного* (фактического) сопротивления

Схема проектирования тепловой защиты зданий

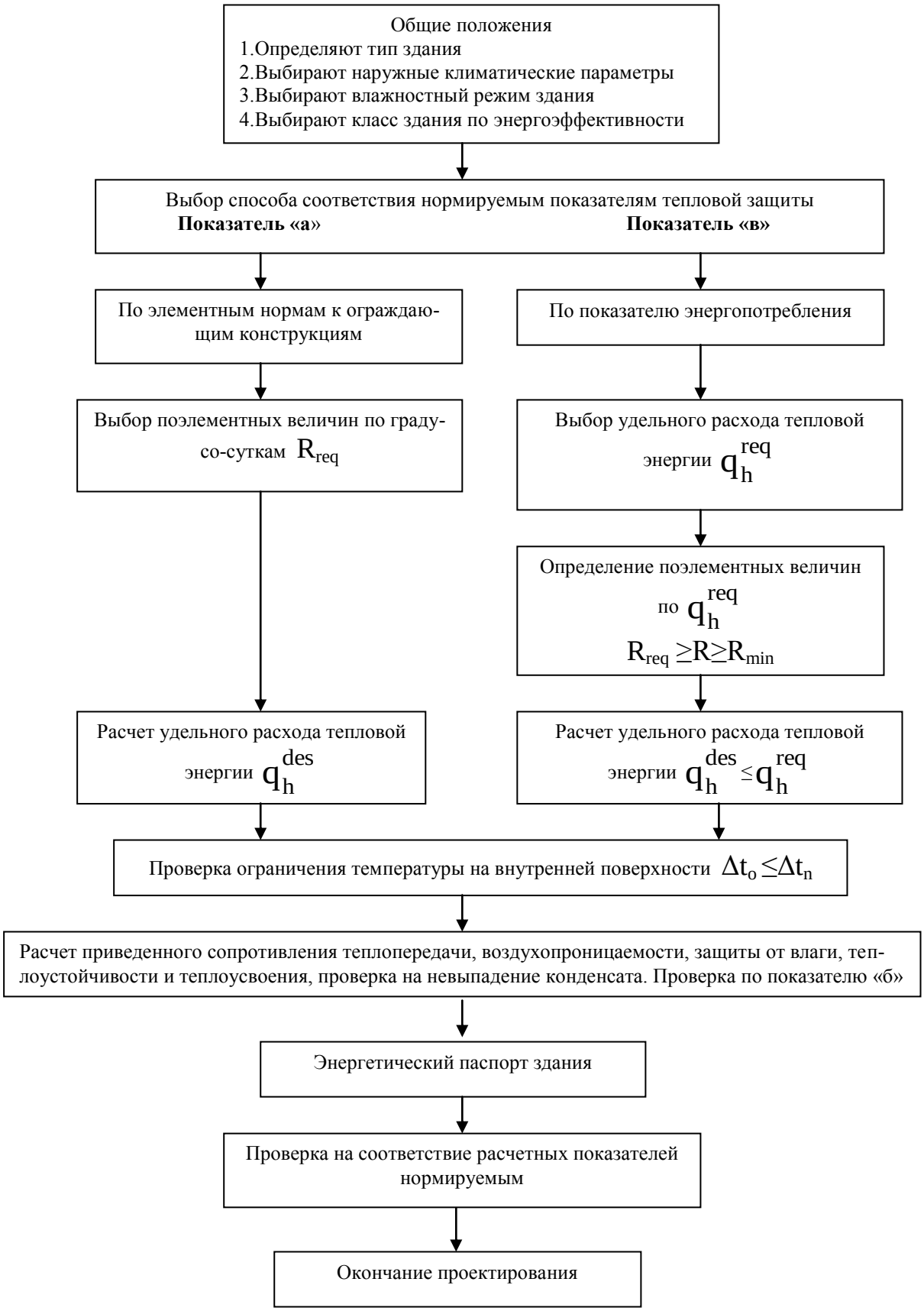

Рис. 32 Схема проектирования тепловой защиты зданий

теплопередаче R_0 м$^2\cdot$°С/Вт была не меньше **нормируемого** (требуемого) значения R_{req} м$^2\cdot$°С/Вт.

Нормируемое сопротивление теплопередаче R_{req} установлено для каждой ограждающей конструкции на принципах обеспечения санитарно-гигиенических требований внутри помещения и ограничения теплопотерь в отопительный период.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 м$^2\cdot$°С/Вт, для наружных однородных стен рассчитывается для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений.

Приведенное сопротивление теплопередаче R^r_o для наружных неоднородных стен следует рассчитывать для фасада здания либо для одного промежуточного этажа с учетом откосов проемов без учета их заполнений с проверкой условия на невыпадение конденсата на участках в зонах теплопроводных включений.

Нормируемое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций (наружных стен, покрытий, чердачных и цокольных перекрытий, окон и фонарей, наружных дверей и ворот) R_{req}, м$^2\cdot$°С/Вт, принимается в зависимости от градусо-суток отопительного периода по таблице 4 СНиП 23-02. ;.

Величину градусо-суток D_d отопительного периода следует вычислять по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})\, z_{ht} \qquad (1)$$

где t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха, °С, определяемая согласно таблицы 1; t_{ht} - средняя температура наружного воздуха, °С, в течение отопительного периода; z_{ht} - продолжительность отопительного периода, сут.

Продолжительность отопительного периода и среднюю температуру наружного воздуха в течение отопительного периода следует принимать согласно СНиП 23-01 (таблица 1, графы 13 и 14 - для медицинских и детских учреждений, графы 11 и 12 - в остальных случаях) для соответствующего города или населенного пункта. Например, для Москвы соответственно 214 сут. и -3,1 °С; 231 сут. и -2,2 °С.

Таблица 1

Параметры воздуха для холодного периода внутри жилых и общественных зданий

N п.п.	Тип здания	Температура воздуха внутри здания, t_{int} °С	Относительная влажность внутри здания φ_{int},%, не более
1	Жилые	20-22	55
2	Поликлиники и лечебные учреждения	21-22	55
3	Дошкольные учреждения	22-23	55

Термическое сопротивление R, м$^2\cdot$°С/Вт, однородного слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R = \delta/\lambda \qquad (2)$$

где δ - толщина слоя, м; λ расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°С), принимаемый согласно приложению.

Расчетное значение коэффициента теплопроводности определяется в зависимости от условий эксплуатации ограждающих конструкций А или Б по приложению. Условия эксплуатации определяются в зависимости от влажностного режима помещения и карты зон влажности по СНиП 23-02 (таблицы 1,2; приложение В).

Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k, м^2·°С/Вт, с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев

$$R_k = R_1 + \ldots R_n + R_{ai} \qquad (3)$$

где R_1, ..R_n, - термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт, определяемые по формуле (2); R_{ai} термическое сопротивление воздушных прослоек, определяемое по таблице 2.

Таблица 2

- Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

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

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o м^2·°С/Вт, однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями или ограждающей конструкции в удалении от теплотехнических неоднородностей не менее чем на две толщины ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R_0 = R_{si} + R_k + R_{se} \qquad (4)$$

$$R_{si} = 1/\alpha_{int} \qquad (5)$$

$$R_{se} = 1/\alpha_{ext} \qquad (6)$$

где α_{int}- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м^2·°С), принимаемый по таблице 7 СНиП 23-02;

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, Вт/(м^2·°С), принимаемый по таблице 3; R_k - то же, что и в формуле (6).

Таблица 3

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности α_{ext} для условий холодного периода

N п.п.	Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи, α_{ext} Вт/(м^2·°С)
1	Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительно-климатической зоне	23
2	Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	17
3	Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12
4	Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Приведенное сопротивление теплопередаче R^r_o, м^2·°С/Вт неоднородной ограждающей конструкции или ее участка (фрагмента) следует определять по формуле

$$R^r_o = n(t_{int} - t_{ext})A/Q \qquad (7)$$

где А - площадь неоднородной ограждающей конструкции или ее фрагмента, м^2, по размерам с внутренней стороны, включая откосы оконных проемов;Q-суммарный тепловой поток через конструкцию или ее фрагмент площадью А, Вт, определяемый на основе расчета температурного поля на ЭВМ либо экспериментально по ГОСТ 26254 или ГОСТ 26602.1 с внутренней стороны; n-коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый согласно таблице 6СНиП 23-02; t_{int} - расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по таблице 12; t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха, °С, при

нимаемая по средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 23-01 (таблица 1, графа 5) для соответствующего городского или сельского населенного пункта.

Для определения приведенного сопротивления теплопередачи R^r_o неоднородных ограждающих конструкций в виде панельных стен можно использовать формулу

$$R^r_o = R_o \cdot r \qquad (8)$$

где R_o - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции без учета неоднородностей, определяемое по формуле (4), м·°С/Вт; r – коэффициент теплотехнической однородности.

Таблица 4

Значения коэффициента r_1

R_0, м^2 ^{O}С/Вт	r_1 при F_1/F_2		
	0.25	0,15	0.05
3,0	0.5	0,56	0.79
2.1	0,67	0,73	0,83
1.7	0,76	0,80	0,86
1.4	0.83	0,85	0.87
Обозначения, принятые в таблице: F_1 - площадь ребер в конструкции, м^2; F_2 площадь конструкции (без учета площади оконных и дверных проемов)			

Коэффициент теплотехнической однородности определяется по формуле

$$r = r_1 \cdot r_2 \qquad (9)$$

где r_1 - коэффициент, учитывающий относительную площадь ребер в конструкции, следует принимать по таблице 4; r_2 - коэффициент, учитывающий плотность материала ребер конструкции, - по таблице 5

Таблица 5

Значения коэффициента r_2

Средняя плотность материала кг/м^3	1000	1200	1400	1600	2400
r_2	1,0	1.0	0,9	0,8	0,6

Коэффициент r для участков ограждающих конструкций из панелей с гибкими металлическими связями в сочетании с утеплителем из минеральных волокон или вспененных пластмасс допускается принимать по табл. 6

Таблица 6

Значения коэффициента r

Конструктивные слои		Коэффициент r при расстоянии между гибкими связями а, м							
		0,6		0,8		1.0		1,2	
материал	плотность материала кг/м^3	Диаметр стержня гибкой связи d, мм							
		8	12	8	12	8	12	8	12
Керамзитобетон	1000	0,95	0,91	0,96	0,94	0,97	0,96	0,98	0,96
	1200	0,93	0,89	0,95	0,92	0,96	0,94	0,97	0,95
	1400	0,91	0,87	0,94	0,90	0,95	0,92	0,96	0,94
	1600	0,89	0,84	0,93	0,88	0,94	0,91	0,95	0,93
Тяжелый бетон	2400	0,74	0,69	0,80	0,75	0,84	0,81	0,87	0,85

С целью ограничения температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции необходима проверка на допустимую величину расчетного температурного перепада Δt_0;

Расчетный температурный перепад, Δt_0 °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$\Delta t_0 = n(t_{int} - t_{ext})/R_0 \cdot \alpha_{int} \qquad (10)$$

α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м^2·°С), принимаемый по таблице 7 СНиП 23-02; n - коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6 СНиП 23-02; t_{int} - расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по таблице 1; t_{ext} - расчетная температура наружного воздуха, °С, принимаемая по средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 23-01 (таблица 1, графа 5) для соответствующего городского или сельского населенного пункта.

Расчетный температурный перепад не должен превышать нормируемых величин, Δt_n °С, установленных в таблице 5 СНиП 23-02, т.е.

$$\Delta t_0 \leq \Delta t_n \qquad (11)$$

Пример: Определить термическое сопротивление многослойной ограждающей конструкции наружной стены (рис. 2) жилого дома со стенами из керамического и силикатного кирпича и утеплителем из каменной ваты, Рассчитать толщину утеплителя.

Район строительства - г. Москва.

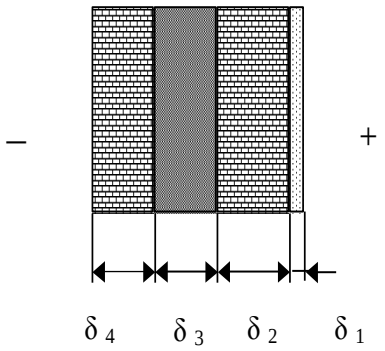

Рис. 2. Конструкция наружной стены

1.Определяем параметры среды:

-расчетная температура наружного воздуха t_{ext} = -28 °С ;

-расчетная средняя температура внутреннего воздуха для холодного периода года t_{int}= 21 °С

-влажность воздуха внутри здания для холодного периода года φ_{int},%, =55 %;

-средняя температура наружного воздуха отопительного периода t_{ht} = - 2,2 °С;

-продолжительность отопительного периода z_{ht} = 231 сут .

2. Определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружной стены:

Согласно формуле (1) значение градусо-суток отопительного периода

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})\, z_{ht} = (21+2,2)\ 231 = 5359,2 \quad °C\text{-сут.}$$

Найденному значению D_d соответствует нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружной стены R_{req} = 3,275 м^2 °С/Вт.

3. Определяем термическое сопротивление наружной стены:

Уравнение для термического сопротивления теплопроводности наружной стены запишется в следующем виде:

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{ai}$$

где R_1 - термическое сопротивление слоя штукатурки из цементно-песчаного раствора,м^2°С/Вт;

R_2 -термическое сопротивление слоя внутренней кладки из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе, м^2 °С/Вт;

R_3-термическое сопротивление слоя теплоизоляционного материала из каменной ваты, м^2 ^{o}С/Вт;

R_4- термическое сопротивление слоя наружной кладки из пустотного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, м^2 °С/Вт;

R_{ai} - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м^2 °С/Вт.

Расчетные значения коэффициента теплопроводности материалов отдельных слоев определяем по приложению , в зависимости от условий эксплуатации ограждающей конструкцяи. Согласно табл.2 СНиП 23-02 влажностному режиму помещений «нормальный» зон влажности района строительства «нормальная» соответствуют условия эксплуатации Б

Тогда:

λ_1 = 0.93 Вт/м^2°С - коэффициент теплопроводности слоя штукатурки из цементно-песчаного раствора;

λ_2 = 0.76 Вт/м^2°С - то же, слоя внутренней кладки из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе;

λ_3 = 0.048 Вт/м^2°С - то же, слоя теплоизоляционного материала из минераловатных плит плотностью 180 кг/м^3 производства ЗАО «Минеральная вата»

λ_4= 0.64 Вт/м^2 ^{o}С - то же, слоя наружной кладки из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе.

Конструктивные размеры слоев наружной стены следующие:

δ_1= 0.015 м -толщина слоя штукатурки из цементно-песчаного раствора;

δ_2 = 0.38 м - толщина слоя внутренней кладки из силикатного кирпича;

δ_3 - искомая толщина утеплителя, м;

δ_4 = 0.12 м - толщина слоя наружной кладки из пустотного керамического кирпича

Термические сопротивления теплопроводности материалов отдельных слоев конструкции по формуле :

$$R_1=\delta_1/\lambda_1 = 0,015/0,93 = 0,016 \text{ м}^2\ °\text{С/Вт}$$

$$R_2=\delta_2/\lambda_2 = 0,38/0,76 = 0,5 \text{ м}^2\ °\text{С/Вт}$$

$$R_3=\delta_3/\lambda_3 = \delta_3/0,048$$

$$R_4=\delta_4/\lambda_4 = 0,12/0,64 = 0,187 \text{ м}^2\ °\text{С/Вт}$$

Термическое сопротивление воздушной прослойки не учитываем.

4. Определяем приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены

$$R_0 = R_{si} + R_k + R_{se}$$

$$R_{si} = 1/\alpha_{int}$$

$$R_{se} = 1/\alpha_{ext}$$

где α_{int}- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м^2·°С), принимаемый по таблице 7 СНиП 23-02;

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, Вт/(м^2·°С), принимаемый по таблице 3;

$$R_0 = 1/8,7 + 0,016 + 0,5 + \delta_3/0,048 + 0,187 + 1/23$$
$$R_0 = 0,861 + \delta_3/0,048$$

5. Определяем толщину теплоизоляции

Так как главным требованием теплового расчета является выполнение неравенства,

$$R_0 \geq R_{req},$$

то при R_{req} = 3,275 м^2 °С/Вт.

$$\delta_3 \geq (3.275-0,861)0,048 \geq 0,11 \text{ м.}$$

6. Проводим проверку на конденсацию влаги на внутренней поверхности ограждния

Расчетный температурный перепад, Δt_0 °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$\Delta t_0 = n(t_{int} - t_{ext})/R_0 \cdot \alpha_{int}$$

где n - коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху и приведенный в таблице 6 СНиП 23-02;

$$\Delta t_0 = 1[21 - (-28\ t_{ext})]/R_0 \cdot \alpha_{int} = 49/(8,7 \cdot 3,275) = 1,71$$

Расчетный температурный перепад не должен превышать нормируемых величин, Δt_n °С, установленных в таблице 5 СНиП 23-02.

В нашем случае 1,71 ≤ 4, т.е. $\Delta t_0 \leq \Delta t_n$. Условие на отсутствие конденсата выполняется.

Прогнозирования срока службы наружных стен жилых зданий по критерию теплозащиты

На рисунке приведено схематическое представление об оценке срока службы жилых зданий по факторам физического износа и морального старе-ния. Физический износ зданий определен кривой 1, а срок службы отрезком 1Ф. Эта зависимость характерна для регионов со слабым развитием экономики. Фактор морального старения проявляется тем сильнее, чем выше социально-экономическое развитие региона. Старение зданий протекает по кривым 2, 3, ..., n, а срок службы отрезками 2М, 3М, ..., nМ, где зависимость n характеризует процесс морального старения.

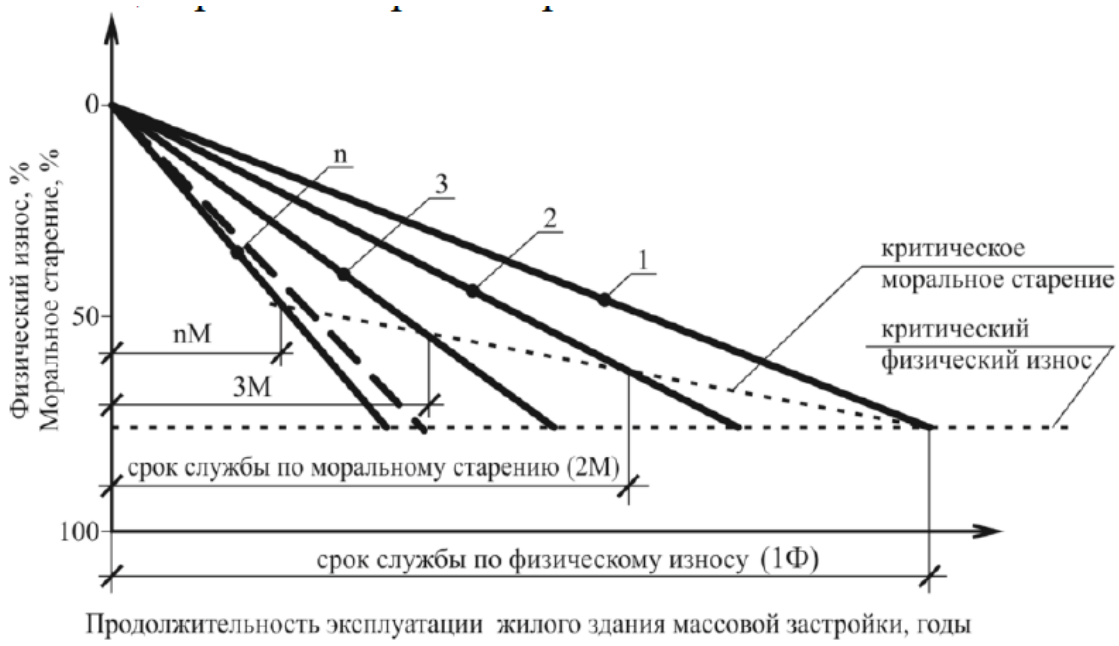

Рис.1. Физический износ и моральное старение зданий

Сущность метода заключается в определении времени эксплуатации, за которое сопротивление теплопередаче стены (***R*$_{то}$,**) уменьшающееся в результате старения, станет меньше требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен (**R$^{тр}_{то}$**)

Критерий теплозащиты имеет вид:

$$R_{TO} < R_{TO}^{TP}.$$

Величина R_{TO}^{TP} для заданного места строительства определяется нормативным документом – СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Если облицовочные слои наружных стен подвергаются ремонту и восстановлению в процессе эксплуатации здания, а конструктивные слои практически не изменяют теплозащитных свойств, то снижение теплозащитных свойств ограждающих конструкций происходит в результате старения и повышения коэффициентов теплопроводности λ теплоизоляционных слоев.

В этом случае, срок службы наружных стен τ определяется как отношение критического изменения (увеличения) коэффициента теплопроводности $\Delta\lambda_{кр}$ к ежегодному увеличению коэффициента $\Delta\lambda_{год}$ в процессе старения:

$$\tau = \frac{\Delta\lambda_{кр}}{\Delta\lambda_{год}} = \frac{\lambda_{кр} - \lambda_0}{\Delta\lambda_{год}},$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности, принятый в расчетах (по справочным данным), Вт/м·°С;

$\lambda_{кр}$ – величина коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала, которая определяется снижением теплозащитных свойств наружных стен до критической величины, когда $R_{TO} < R_{TO}^{TP}$, Вт/м·°С,

$$\lambda_{кр} = \frac{\delta_{т/и}}{R_{т/и}} = \frac{\delta_{т/и}}{R_{TO}^{тр} - R_{TO,0}}, \qquad (13)$$

$R_{TO,0}$ – общее сопротивление теплопередаче конструкции ограждения за вычетом слоя теплоизоляции, м^2·°С/Вт.

Как установлено ранее, величина эксплуатационной температуры по толщине слоя теплоизоляции не одинакова (она выше в слоях у наружной поверхности), следовательно, тепловое старение по толщине теплоизоляции будет неравномерным, тогда срок службы теплоизоляционного слоя можно определить, как среднее из сроков службы отдельных расчетных слоев τ_i:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^{n} \tau_i}{n},$$

где n – количество расчетных слоев в утеплителе.

Срок службы расчетного слоя в соответствии с термофлуктуационной концепцией для ненагруженного материала можно определить по выражению (2).

Температура изотермических испытаний $T_И$ в формуле (2) должна максимально ускорять процесс старения, но не должна изменять физический процесс теплового старения.

В оценке $\tau_И$ должно найти отражение изменение величины λ при температуре изотермических испытаний. Эти изменения определяются формулой:

$$\lambda_{кр} = K_\lambda \tau_И + \lambda_0,$$

где K_λ – показатель долговечности при тепловом старении, Вт/м·°С·год.

Отсюда $$\tau_И = \frac{\lambda_{кр} - \lambda_0}{K_\lambda} = \frac{\Delta\lambda_{кр}}{K_\lambda}.$$

эквивалентная температура:

$$T_{экв} = -\frac{E_a}{R}\left\{\ln\left[\frac{1}{\tau_0}\sum_{j=1}^{N}\Delta\tau_j \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT_j}\right)\right]\right\}^{-1},$$

где E_a – энергия активации процесса разрушения, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/(К·моль);

N – число интервалов времени $\Delta\tau_j$ со средней температурой T_j на рассматриваемом отрезке времени τ_0.

оценка срока службы согласно температурно-временной аналогии (по уравнению Аррениуса):

$$\tau = \tau_И \cdot \exp\left[\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{экв}} - \frac{1}{T_И}\right)\right], \qquad (2)$$

где $\tau_И$ – продолжительность старения материала при температуре изотермических испытаний, лет;

$T_И$ – температура при изотермических испытаниях, К;

$T_{экв}$ – эквивалентная температура эксплуатации, К.

В итоге время до выхода из строя теплоизоляционного слоя, а значит и всей конструкции наружной стены по критерию потери теплозащитных свойств определится как:

$$\tau = \frac{\frac{\Delta\lambda_{кр}}{K_\lambda}\sum_{i=1}^{n}\exp\left[\frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T_{экв,i}} - \frac{1}{T_И}\right)\right]}{n},$$

где $T_{экв,i}$ – эквивалентная эксплуатационная температура в i-том слое теплоизоляционного материала, К;

n – количество расчетных слоев в слое теплоизоляционного материала.

Приложение 1

Расчетные теплотехнические показатели
строительных материалов

N п.п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по СНиП 23-02)						
		плотность ρ_0, кг/м^3	удельная теплоемкость c_0, кДж/(кг·°С)	коэффициент теплопроводности λ_0, Вт/(м·°С)	массового отношения влаги в материале w, %		теплопроводности λ, Вт/(м·°С)		тепло- усвоения (при периоде 24 ч) s, Вт/(м^2·°С)		паро- проницаемости μ, мг/(м·ч·Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	**Теплоизоляционные материалы** (ГОСТ 16381)										
А	Полимерные										
1	Пенополистирол	150	1,34	0,05	1	5	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05
2	"	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
3	Пенополистирол (ГОСТ 15588)	40	1,34	0,037	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05
4	Пенополистирол ОАО "СП Радослав"	18	1,34	0,042	2	10	0,042	0,043	0,28	0,32	0,02
5	То же	24	1,34	0,04	2	10	0,04	0,041	0,32	0,36	0,02
6	Экструдированный пенополистирол Стиродур 2500С	25	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,28	0,31	0,013
7	То же, 2800С	28	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,30	0,33	0,013
8	То же, 3035С	33	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,32	0,36	0,013
9	То же, 4000С	35	1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,34	0,37	0,005

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	То же, 5000С	45	1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,38	0,42	0,005
11	Пенополистирол Стиропор PS15	15	1,34	0,039	2	10	0,040	0,044	0,25	0,29	0,035
12	То же, PS20	20	1,34	0,037	2	10	0,038	0,042	0,28	0,33	0,030
13	То же, PS30	30	1,34	0,035	2	10	0,036	0,040	0,33	0,39	0,030
14	Экструдированный пенополистирол "Стайрофоам"	28	1,45	0,029	2	10	0,030	0,031	0,31	0,34	0,006
15	То же, "Руфмат"	32	1,45	0,028	2	10	0,029	0,029	0,32	0,36	0,006
16	То же, "Руфмат А"	32	1,45	0,030	2	10	0,032	0,032	0,34	0,37	0,006
16а	То же, "Флурмат 500"	38	1,45	0,027	2	10	0,028	0,028	0,34	0,38	0,006
17	То же, "Флурмат 500А"	38	1,45	0,030	2	10	0,032	0,032	0,37	0,41	0,006
18	То же, "Флурмат 200"	25	1,45	0,028	2	10	0,029	0,029	0,28	0,31	0,006
19	То же, "Флурмат 200А"	25	1,45	0,029	2	10	0,031	0,031	0,29	0,32	0,006
20	Пенопласт ПХВ-1 и ПВ1	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23
21	То же	100 и менее	1,26	0,041	2	10	0,05	0,052	0,68	0,8	0,23
22	Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,05	0,05	0,67	0,7	0,05
23	"	60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
24	"	40	1,47	0,029	2	5	0,04	0,04	0,4	0,42	0,05
25	Плиты из резольно-фенолформальдегидного пенопласта (ГОСТ 20916)	90	1,68	0,045	5	20	0,053	0,073	0,81	1,10	0,15

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
26	То же	80	1,68	0,044	5	20	0,051	0,071	0,75	1,02	0,23
27	То же	50	1,68	0,041	5	20	0,045	0,064	0,56	0,77	0,23
28	Перлитопластбетон	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
29	То же	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
30	Перлитофосфогелевые изделия	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2
31	То же	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23
32	Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука «Аэрофлекс»	80	1,806	0,034	5	15	0,04	0,054	0,65	0,71	0,003
33	То же, «К флекс»:										
	ЕС	60-80	1,806	0,039	0	0	0,039	0,039	0,6	0,6	0,010
	ST	60-80	1,806	0,039	0	0	0,039	0,039	0,6	0,6	0,009
	ECO	60-95	1,806	0,041	0	0	0,041	0,041	0,65	0,65	0,010
34	Экструзионный пенополистирол "Пеноплэкс", тип 35	35	1,65	0,028	2	3	0,029	0,030	0,36	0,37	0,018
35	То же, тип 45	45	1,53	0,030	2	3	0,031	0,032	0,40	0,42	0,015
Б	Минераловатные (ГОСТ 4640), стекловолокнистые, пеностекло, газостекло										
36	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880)	125	0,84	0,044	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
37	То же	100	0,84	0,044	2	5	0,061	0,067	0,64	0,72	0,49
38	"	75	0,84	0,046	2	5	0,058	0,064	0,54	0,61	0,49

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	Маты минераловатные на синтетическом связующем (ГОСТ 9573)	225	0,84	0,054	2	5	0,072	0,082	1,04	1,19	0,49
40	То же	175	0,84	0,052	2	5	0,066	0,076	0,88	1,01	0,49
41	То же	125	0,84	0,049	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,49
42	То же	75	0,84	0,047	2	5	0,058	0,064	0,54	0,61	0,53
43	Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих (ГОСТ 9573, ГОСТ 10140, ГОСТ 22950)	250	0,84	0,058	2	5	0,082	0,085	1,17	1,28	0,41
44	То же	225	0,84	0,058	2	5	0,079	0,084	1,09	1,20	0,41
45	То же	200	0,84	0,056	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,49
46	То же	150	0,84	0,050	2	5	0,068	0,073	0,83	0,92	0,49
47	То же	125	0,84	0,049	2	5	0,064	0,069	0,73	0,81	0,49
48	То же	100	0,84	0,044	2	5	0,06	0,065	0,64	0,71	0,56
49	То же	75	0,84	0,046	2	5	0,056	0,063	0,53	0,60	0,6
50	Плиты минераловатные ЗАО "Минеральная вата"	180	0,84	0,038	2	5	0,045	0,048	0,74	0,81	0,3
51	То же	140-175	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,68	0,75	0,31
52	То же	80-125	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,53	0,59	0,32
53	То же	40-60	0,84	0,035	2	5	0,041	0,044	0,37	0,41	0,35

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
54	То же	25-50	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,31	0,35	0,37
55	Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	200	0,84	0,064	1	2	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
56	Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
57	То же	125	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
58	Плиты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем (ГОСТ 10499)	45	0,84	0,047	2	5	0,06	0,064	0,44	0,5	0,6
59	Маты и полосы из стеклянного волокна прошивные	150	0,84	0,061	2	5	0,064	0,07	0,8	0,9	0,53
60	Маты из стеклянного штапельного волокна "URSA"	25	0,84	0,04	2	5	0,043	0,05	0,27	0,31	0,61
61	То же	17	0,84	0,044	2	5	0,046	0,053	0,23	0,26	0,66
62	То же	15	0,84	0,046	2	5	0,048	0,053	0,22	0,25	0,68
63	То же	11	0,84	0,048	2	5	0,05	0,055	0,19	0,22	0,7
64	Плиты из стеклянного штапельного волокна "URSA"	85	0,84	0,044	2	5	0,046	0,05	0,51	0,57	0,5
65	То же	75	0,84	0,04	2	5	0,042	0,047	0,46	0,52	0,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
66	То же	60	0,84	0,038	2	5	0,04	0,045	0,4	0,45	0,51
67	То же	45	0,84	0,039	2	5	0,041	0,045	0,35	0,39	0,51
68	То же	35	0,84	0,039	2	5	0,041	0,046	0,31	0,35	0,52
69	То же	30	0,84	0,04	2	5	0,042	0,046	0,29	0,32	0,52
70	То же	20	0,84	0,04	2	5	0,043	0,048	0,24	0,27	0,53
71	То же	17	0,84	0,044	2	5	0,047	0,053	0,23	0,26	0,54
72	То же	15	0,84	0,046	2	5	0,049	0,055	0,22	0,25	0,55
73	Пеностекло или газостекло	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02
74	То же	300	0,84	0,09	1	2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
75	То же	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,1	0,03
В	Плиты из природных органических и неорганических материалов										
76	Плиты древесно-волокнис- тые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598, ГОСТ 8904, ГОСТ 10632)	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
77	То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
78	То же	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
79	То же	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
80	То же	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
81	Плиты фибролитовые и арболит (ГОСТ 19222) на портландцементе	500	2,3	0,095	10	15	0,15	0,19	3,86	4,50	0,11
82	То же	450	2,3	0,09	10	15	0,135	0,17	3,47	4,04	0,11

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
83	То же	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
84	Плиты камышитовые	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
85	То же	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
86	Плиты торфяные теплоизоляционные	300	2,3	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
87	То же	200	2,3	0,052	15	20	0,06	0,064	1,6	1,71	0,49
88	Пакля	150	2,3	0,05	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
89	Плиты из гипса (ГОСТ 6428)	1350	0,84	0,35	4	6	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
90	То же	1100	0,84	0,23	4	6	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11
91	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) ГОСТ 6266)	1050	0,84	0,15	4	6	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
92	То же	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
93	Изделия из вспученного перлита на битумном связующем ГОСТ 16136)	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
94	То же	250	1,68	0,082	1	2	0,085	0,099	1,53	1,64	0,04
95	То же	225	1,68	0,079	1	2	0,082	0,094	1,39	1,47	0,04
96		200	1,68	0,076	1	2	0,078	0,09	1,23	1,32	0,04
Г	Засыпки										
97	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
98	То же	500	0,84	0,14	2	3	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
99	"	450	0,84	0,13	2	3	0,14	0,155	2,06	2,22	0,235
100	"	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,145	1,87	2,02	0,24
101	"	350	0,84	0,115	2	3	0,125	0,14	1,72	1,86	0,245
102	"	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
103	"	250	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
104	Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	700	0,84	0,16	2	4	0,18	0,21	2,91	3,29	0,21
105	То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,19	2,54	2,89	0,22
106	"	500	0,84	0,12	2	4	0,15	0,175	2,25	2,54	0,22
107	"	450	0,84	0,11	2	4	0,14	0,16	2,06	2,30	0,22
108	"	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,15	1,87	2,10	0,23
109	Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578)	1000	0,84	0,21	2	3	0,24	0,31	4,02	4,67	0,21
110	Щебень шлакопемзовый и аглопоритовый (ГОСТ 9757)	900	0,84	0,19	2	3	0,23	0,3	3,73	4,36	0,21
111	То же	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
112	То же	700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,22
113	То же	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,23
114	То же	500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,23
115	То же	450	0,84	0,13	2	3	0,15	0,17	2,13	2,32	0,24
116	То же	400	0,84	0,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
117	Щебень и песок из перилита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,84	0,09	1	2	0,1	0,11	1,79	1,92	0,26

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
118	То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,095	1,5	1,6	0,3
119	То же	350	0,84	0,07	1	2	0,081	0,085	1,35	1,42	0,3
120	То же	300	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
121	Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,095	1,01	1,16	0,23
122	То же	150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
123	То же	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,3
124	Песок для строительных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Д	Строительные растворы (ГОСТ 28013)										
125	Цементно-шлаковый	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
126	То же	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
127	Цементно-перлитовый	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15
128	То же	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
129	Гипсоперлитовый	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
130	Поризованный гипсоперлитовый	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
131	То же	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
II	**Конструкционно-теплоизоляционные материалы**										
А	Бетоны на природных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 22263)										
132	Туфобетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,09
133		1600	0,84	0,52	7	10	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11
134		1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
135		1200	0,84	0,29	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,12

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
136	Пемзобетон	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075
137	То же	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
138	То же	1200	0,84	0,34	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
139	То же	1000	0,84	0,26	4	6	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11
140	То же	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12
141	Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
142	То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
143	То же	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09
144	То же	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,9	5,67	0,098
145	То же	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,9	4,61	0,11
Б	Бетоны на искусственных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 9757)										
146	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
147	То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
148	То же	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
149	То же	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
150	То же	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
151	То же	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
152	То же	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
153	То же	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3
154	Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
155	То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
156	То же	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
157	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
158	То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
159	Шунгизитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,6	0,098
160	То же	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
161	То же	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,6	0,14
162	Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
	То же	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
164	То же	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
165	То же	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
166	Шлакопемзобетон (термозитобетон)	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
167	То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
168	То же	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
169	То же	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
170	То же	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
171	Шлакопемзопено- и шлакопемзогазобетон	1600	0,84	0,47	8	11	0,63	0,7	9,29	10,31	0,09
172	То же	1400	0,84	0,35	8	11	0,52	0,58	7,9	8,78	0,098
173	То же	1200	0,84	0,29	8	11	0,41	0,47	6,49	7,31	0,11
174	То же	1000	0,84	0,23	8	11	0,35	0,41	5,48	6,24	0,11
175	То же	800	0,84	0,17	8	11	0,29	0,35	4,46	5,15	0,13
176	Бетон на доменных гранулированных шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,7	0,81	9,82	11,18	0,083

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
177	То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
178	То же	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
179	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
180	Аглопоритобетон и бетоны на топливных (котельных) шлаках	1800	0,84	0,7	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
181	То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
182	То же	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
183	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
184	То же	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
185	Бетон на зольном гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
186	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
187	То же	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
188	Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	-
189	То же	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
190	То же	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
191	То же	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
В	Бетоны ячеистые (ГОСТ 25485, ГОСТ 5742)										
192	Полистиролбетон	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,068
193	То же	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,5	2,85	0,075
194	То же	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
195	То же	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10
196	То же	200	1,06	0,065	4	8	0,07	0,08	1,12	1,28	0,12
197	То же	150	1,06	0,055	4	8	0,057	0,06	0,87	0,96	0,135

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
198	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	1000	0,84	0,29	10	15	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11
199	То же	800	0,84	0,21	10	15	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
200	То же	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
201	То же	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
202	То же	300	0,84	0,08	8	12	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26
203	Газо- и пенозолобетон	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
204	То же	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
205	То же	800	0,84	0,17	15	22	0,35	0,41	5,48	6,49	0,12
Г	Кирпичная кладка из сплошного кирпича										
206	Глиняного обыкновенного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
207	Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
208	Глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,7	8,08	9,23	0,15
209	Силикатного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,7	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
210	Трепельного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19

Приложение 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
211	То же	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
212	Шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,7	8,12	8,76	0,11
Д	Кирпичная кладка из пустотного кирпича										
213	Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м^3 (брутто) (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
214	Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м^3 (брутто) (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
215	Керамического пустотного плотностью 1000 кг/м^3 (брутто) (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
216	ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
217	Силикатного четырнадцати- пустотного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Е	Дерево и изделия из него										
218	Сосна и ель поперек волокон (ГОСТ 8486, ГОСТ 9463)	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
219	Сосна и ель вдоль волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
220	Дуб поперек волокон (ГОСТ 9462, ГОСТ 2695)	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
221	Дуб вдоль волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
222	Фанера клееная (ГОСТ 8673)	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
223	Картон облицовочный (ГОСТ 8740)	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
224	Картон строительный многослойный	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
III	**Конструкционные материалы**										
А	Бетоны (ГОСТ 7473, ГОСТ 25192) и растворы (ГОСТ 28013)										
225	Железобетон (ГОСТ 26633)	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
226	Бетон на гравии или щебне из природного камня (ГОСТ 26633)	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
227	Раствор цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
228	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
229	Раствор известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12
Б	Облицовка природным камнем (ГОСТ 9480)										
230	Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
231	Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
232	Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
233	То же	1800	0,88	0,7	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
234	То же	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
235	То же	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
236	Туф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
237	То же	1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
238	То же	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
239	То же	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
240	То же	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
241	То же	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
В	Материалы кровельные, гидроизоляционные, блицовочные и рулонные покрытия для полов (ГОСТ 30547)										
242	Листы асбестоцементные плоские (ГОСТ 18124)	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
243	То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
244	Битумы нефтяные строительные и кровельные (ГОСТ 6617, ГОСТ 9548)	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
245	То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
246	То же	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
247	Асфальтобетон (ГОСТ 9128)	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
248	Рубероид (ГОСТ 10923), пергамин (ГОСТ 2697), толь	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	-
249	Линолеум поливинилхлоридный на теплоизолирующей подоснове (ГОСТ 18108)	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
250	То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
251	Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе (ГОСТ 7251)	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
252	То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
253	То же	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
Г	Металлы и стекло										
254	Сталь стержневая арматурная (ГОСТ 10884, ГОСТ 5781)	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
255	Чугун (ГОСТ 9583)	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
256	Алюминий (ГОСТ 22233, ГОСТ 24767)	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
257	Медь (ГОСТ 931, ГОСТ 15527)	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
258	Стекло оконное (ГОСТ 111)	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

Литература

1.Строительная климатология Справочное пособие к СНиП 23-01-99*

2. СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий";

3. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий;

4. Типовая технологическая карта на устройство тепловой изоляции наружных стен зданий пеностеклом производства ОАО "Гомельстекло" // ПК "Минскстрой", ОАО "Оргстрой", 2004 –14 с.;

5. ГОСТ 16381-77. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Классификация и общие технические требования

6. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия,1977.- 303 с.

7. 202. СНиП 2.01.07-85*Нагрузки ивоздействия

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