

Федеральное агентство по образованию РФ
Тольяттинский государственный университет
Кафедра «Городское строительство и хозяйство»

**РАСЧЕТ И ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ
НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

Методические указания
к выполнению курсовых и дипломных работ
для студентов заочной формы обучения

Тольятти 2007

УДК 692.23: 699.86

ББК 38.113

Р 24

Методические указания по расчету и выбору конструктивных схем наружных стен зданий с улучшенными теплотехническими свойствами / Сост. В.А.Ерышев, Е.М.Третьякова. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 62 с.

В методических указаниях рассматривается методика теплотехнического расчета ограждающих конструкций, предлагаются различные конструктивные схемы наружных стеновых ограждающих конструкций с учетом современных требований по теплотехнике.

Методические указания предназначены для студентов заочного отделения специальностей 270102 «Промышленное и гражданское строительство» и 270105 «Городское строительство и хозяйство».

Рецензенты: доцент кафедры «Городское строительство и хозяйство» ИСИ ТГУ, к.т.н. Булгаков Виктор Иванович, генеральный директор ООО НТЦ РААСН «ВолгаАкадемЦентр», д.т.н. Анпилов Сергей Михайлович.

Введение

Капитальное строительство и жилищно-коммунальное хозяйство являются крупнейшими потребителями материальных и энергетических ресурсов. Больше всего энергии - до 90% - требуется при эксплуатации объектов, используемая для производства строительных материалов и изделий энергия составляет около 8%, и для перевозки и в процессе строительства используется 2% энергии. Поэтому с точки зрения энергосбережения главное внимание следует уделять их эксплуатационным характеристикам. Ошибкой прошлых лет в методике определения эффективности капитальных вложений был учет только единовременных затрат (то есть капитальных вложений в строительство). Не учитывались приведенные затраты (при эксплуатации объектов, перепрофилировании производства). В результате на сегодняшний день происходят огромные потери тепла и электроэнергии. Сравнительный анализ показывает, что во вновь построенных жилых домах в средней полосе России на нужды отопления и горячего водоснабжения расходуется около 84 кг условного топлива на 1 м² общей площади в год, а в Финляндии и Швеции - 27 кг.

Главными факторами, приводящими к повышенным расходам топливных ресурсов в строительном комплексе и ЖКХ, являются: использование в проектах зданий ограждающих конструкций с низким уровнем теплозащиты; сложившаяся ориентация строительной индустрии и промышленности строительных материалов на преимущественный выпуск энергоемких стеновых материалов (кирпич, керамзитобетон, железобетон); несовершенство систем теплоснабжения и инженерного оборудования зданий; недостаточная утилизация тепловых выбросов; слабое использование нетрадиционных источников энергии; отсутствие систем регулирования и приборов контроля потребления тепловой энергии.

В настоящей работе рассматривается методика теплотехнического расчета ограждающих конструкций и предлагаются рекомендации по

конструктивным схемам использования теплоизоляционных материалов в панелях сборного железобетона и кирпичных стенах.

1. Порядок теплотехнического расчета ограждающих конструкций

Строительство зданий должно осуществляться в соответствии с требованиями к тепловой защите зданий для обеспечения установленного для проживания и деятельности людей микроклимата в помещениях.

Долговечность ограждающих конструкций следует обеспечить применением материалов, имеющих надлежащую стойкость (влагостойкость, морозостойкость, биостойкость и пр.)

Нормами и правилами устанавливаются требования к:

- приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций здания;
- ограничению температуры;
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года и помещений зданий в холодный период года.

Влажностный режим помещений зданий в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать по приложению 3.

Температуру внутреннего воздуха t_{int} следует принимать:

- для жилых зданий $+22^{\circ}\text{C}$ при температуре наружного воздуха $t_{ext} = -31^{\circ}\text{C}$ и ниже и $+20^{\circ}\text{C}$ при $t_{ext} =$ выше -31°C ;

- для промышленных предприятий и сельскохозяйственных зданий - по требованиям или техпаспорту объекта, в том числе:

- для авторемонтных, деревообделочных, механических, модельных, ремонтных, инструментальных, сварочных цехов, керамических цехов, цехов железобетонных изделий $+16^{\circ}\text{C}$;

- для кузнечных, прессовых, термических цехов, цехов горячей штамповки $+20^{\circ}\text{C}$;

- для агломерационных, мартеновских, конверторных +24°C.

Относительную влажность внутреннего воздуха ϕ следует принимать:

- для помещений жилых зданий, больниц, поликлиник, интернатов, детских садов и школ следует принимать - 55%;

- для кухонь - 60%;

- для ванных комнат - 65%;

- для теплых подвалов и подполий с коммуникациями - 75%;

- для теплых чердаков жилых зданий - 55%;

- для прочих общественных зданий - 50%;

- для промышленных предприятий и сельскохозяйственных зданий - по требованиям или техпаспорту объекта, в том числе:

- для авторемонтных, деревообделочных, механических, модельных, ремонтных, инструментальных, сварочных цехов – 49%;

- для керамических цехов, цехов железобетонных изделий – 50...60%;

- для кузнечных, прессовых, термических цехов, цехов горячей штамповки – 45%;

- для агломерационных, мартеновских, конверторных – 30%.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций *A* или *B* определяют в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений следует устанавливать по приложению 4. Зоны влажности территории России следует принимать по приложению 1.

Нормами для «Теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий» установлены два показателя тепловой защиты зданий:

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.

Суть теплотехнического расчета заключается в следующем: приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $m^2 \text{ } ^\circ C/Vm$ ограждающих конструкций должно быть не менее нормируемых значений R_{req} , $m^2 \text{ } ^\circ C/Vm$, определяемых по приложению 5 в зависимости от градусо-суток района строительства D_d , $^\circ C \cdot сут$.

$$R_o \geq R_{req} \quad (1)$$

Градусо-сутки отопительного периода D_d , $^\circ C \cdot сут$, определяют по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})z_{ht} \quad (2),$$

где t_{int} - расчетная температура внутреннего воздуха в помещениях,

t_{ht} и Z_{ht} - средняя температура и продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ C$;

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций R_{req} определяют по приложению 5. Согласно примечанию 1 к таблице 4 [2] значения сопротивления теплопередаче, для величин градусо-суток, отличающихся от табличных, определяют по формуле:

$$R_{req} = aD_d + b \quad (3),$$

где a и b – коэффициенты, значения которых определяются по приложению 5 для соответствующих групп зданий.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $m^2 \text{ } ^\circ C/Vm$, ограждающих конструкций следует определять по формуле

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} \quad (4),$$

где α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаем по приложению 6;

R_K - термическое сопротивление ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C/Vm$, определяемой как многослойная;

α_H - коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции $Vm/m^2 \cdot ^\circ C$.

Термическое сопротивление R_K , $m^2 \cdot ^\circ C/Vm$, ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как

сумму термических сопротивлений отдельных слоев:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (5),$$

где R_1, R_2, R_n - термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$, определяемые по формуле (6)

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (6),$$

где R – термическое сопротивление, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$, слоя многослойной ограждающей конструкции,

δ – толщина слоя, m ,

λ - расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $Bm / m \cdot ^\circ C$ [прил. 11].

Определение толщины слоя утеплителя производим после определения его марки и расчетного коэффициента теплопроводности путем замены показателя толщины на неизвестную величину x .

Все показатели приводим в формулу (4) и путем решения уравнения определяем требуемую толщину утеплителя δ , m . Приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$, следует принимать не менее R_{req} , $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$, формула (3).

Примечания:

1. Для решения уравнения показатели R_o и R_{req} , $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$ приравняем.
2. Для производственных зданий с избытками явной теплоты более $23 Bm / m^3$ и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью или весной), а также зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха $12 ^\circ C$ и ниже в дополнение к указанному расчету приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций следует принимать не менее значений, определяемых по формуле:

$$R_{req} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} \quad (7),$$

где n - коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции [2, табл.6],

Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждающей конструкции [2, табл.5],

t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года [2, п.5.4].

Для определения толщины утеплителя из двух значений R_{req} , полученных по формулам (3) и (7), выбираем наибольшее.

2. Пример расчета наружной стены

Требуется определить толщину стены здания школы в г.Белгороде, выполненной из следующих материалов: стеновая панель из перлитобетона с объемной плотностью $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ и утеплитель.

2.1. Исходные данные для расчета

1. Район строительства – *г.Белгород*.
2. Зона влажности района строительства – *сухая* [прил.1].
3. Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$ для г.Белгорода $z_{ht} = 191 \text{ сут.}$ [прил.2].
4. Средняя температура наружного воздуха для периода со средней суточной температурой наружного воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$ $t_{ht} = -1,9^\circ\text{C}$ [прил. 2].
5. Относительная влажность внутреннего воздуха для школ $\varphi = 55 \%$.
6. Температура внутреннего воздуха $t_{int} = +22^\circ\text{C}$.
7. Влажностный режим помещений - *нормальный* [прил.3].
8. Условия эксплуатации - *A* [прил.4].

9. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ [прил.6].

10. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции (для зимних условий) $\alpha_n = 23 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ [прил. 7].

2.2. Теплотехнический расчет наружных стен

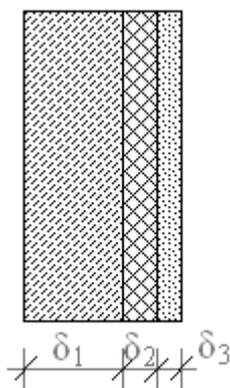


Рисунок 1. Состав наружной стены

Таблица 2.1

Характеристики материалов наружных стен

Наименование материала	Толщина слоя δ , мм	Плотность γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м °C)
Перлитобетон	300	1000	0,33
Утеплитель – минераловатные плиты	x	125	0,064
Цементно-песчаный раствор	20	1800	0,76

Определяем градусо-сутки отопительного периода по формуле (1)

$$D_d = (22 - (-1,9)) \cdot 191 = 4565 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$$

По прил.5 определяем нормируемое значение сопротивления теплопередаче. Для величин, отличающихся от табличных, это значение определяется по формуле

$$R_{req} = 0,00035 \cdot 4565 + 1,4 = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

Определяем толщину утеплителя.

$R_o \geq R_{req}$. Принимаем $R_{req} = R_o$.

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H} = R_{req}$$

$$\delta_2 = \left(R_{req} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_H} \right) \cdot \lambda_2$$

$$\delta_2 = \left(3 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,3}{0,33} - \frac{0,02}{0,76} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,064 = 0,123 \text{ м}$$

Принимаем толщину утеплителя $\delta_2 = 130 \text{ мм}$.

Таким образом, фактическое сопротивление теплопередаче наружной стены

$$R_o^{\phi} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_H}$$

$$R_o^{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{0,33} + \frac{0,13}{0,064} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} = 3,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт} > R_{req} = 3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

3. Приведенное сопротивление теплопередаче и толщина наружных стен жилых домов г. Тольятти

3.1. Требуемое приведенное сопротивление теплопередаче для наружных стен жилых домов.

а) градусо-сутки отопительного периода по формуле (2)

$$D_d = (20 - (-5,2)) \cdot 203 = 5115,6 \text{ °C} \cdot \text{сут}$$

где $t_{int} = 20^{\circ} \text{ C}$ - расчетная температура воздуха для жилых помещений [3, п.9.3];

$t_{ht} = -5,2^{\circ} \text{ C}$ и $Z_{ht} = 203 \text{ сут}$. - средняя температура и продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ} \text{ C}$ [прил.2];

б) требуемое приведенное сопротивление теплопередаче для наружных стен для г. Тольятти

$$R_{req} = 0,00035 \cdot 5115,6 + 1,4 = 3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

3.2. Наружные стены для домов средней этажности.

$$R_o = K \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta - 0,03}{\lambda_1} + \frac{0,03}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_n} \right) \quad (8),$$

где $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности стен [прил.6].

$\alpha_n = 23 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности стены [прил.7].

λ_1 и λ_2 - коэффициенты теплопроводности материала слоев.

K - коэффициент приведения, учитывающий влияние стыковых соединений (по данным ЦНИЭП жилища $K=0,95$). Преобразуя формулу (8), получаем зависимость для определения толщины панели.

$$\delta = \lambda_1 \cdot \left(\frac{R_o}{K} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_n} - \frac{0,03}{\lambda_2} \right) + 0,03 \quad (9)$$

4. Конструктивные схемы и эффективные теплоизоляционные материалы в панелях сборного железобетона

4.1. Стена из однослойных панелей.

Подставляем в формулу (9) известные значения коэффициентов α_{int} , α_n , K , а также коэффициент теплопроводности $\lambda_2 = 0,93 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ материала фактурного слоя - цементно-песчаного раствора ($\gamma_2 = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$), получим:

$$\delta = \lambda_1 \left(\frac{R_o}{0,95} - 0,19 \right) + 0,03 \quad (10)$$

Подставляем в формулу (10) значение λ_1 , равное теплопроводности принимаемого материала, значение R_{req} , получаем значения δ - толщины панели. Результаты расчета представлены в таблице 4.1.

4.2. Стена из трехслойных панелей с эффективным утеплителем и жесткими связями между бетонными слоями (стена из легкобетонных панелей с термовкладышами).

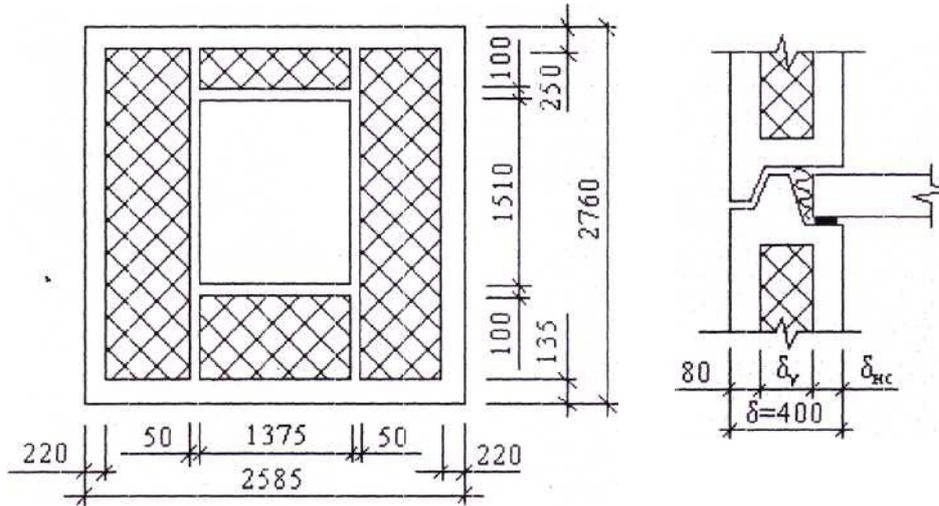
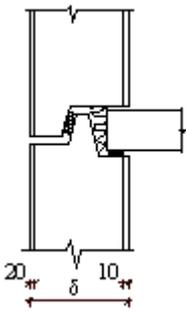


Рисунок 4.1. Схемы типовой панели с термовкладышем

Таблица 4.1

Характеристики однослойных панелей

Конструкция стены	Материал	γ , $кг/м^3$	λ , $Вт/м^{\circ}C$	δ , $мм$	
<p>Стена из однослойных панелей</p> 	1. Керамзитобетон и керамзито-пенобетон	1600	0,67	2170	
		1400	0,56	1820	
		1200	0,44	1430	
		1000	0,33	1080	
		800	0,24	800	
		600	0,2	670	
		500	0,17	580	
	2. Бетоны ячеистые:	1000	0,41	1340	
		а) газобетон и	800	0,33	1080
		пенобетон	700	0,315	1040
	600	0,22	730		

		500	0,205	690
		400	0,14	480
		300	0,11	380
	б) неавтоклавный поробетон (разработки НИИЖБ) армированные стеновые панели	1100	0,32	1050
		1000	0,27	890
		900	0,24	800
	стеновые блоки	800	0,2	670
		700	0,18	610
	утеплитель крыш и стен	350	0,092	330

Приведенное термическое сопротивление неоднородных ограждающих конструкций панелей допускается определять по формуле:

$$R_o = R_o^{ycl} \cdot r \quad (11),$$

где R_o^{ycl} - сопротивление теплопередаче панельных стен, условно определяемое по формуле (8) без учета теплопроводных включений;

$r = r_1 \cdot r_2$ – коэффициент теплотехнической однородности;

здесь r_1 – коэффициент, учитывающий относительную площадь ребер в конструкции;

r_2 – коэффициент, учитывающий плотность материала конструкции.

$$R_o = K \cdot r \left(\frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_{HC} + 0,08}{\lambda_{HC}} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \quad (12)$$

Площадь панели (без окон):

$$A_2 = 2,76 - 2,585 - 1,375 - 1,51 = 5,06 \text{ м}^2$$

Площадь ребер:

$$A_1 = 2,76 - 0,22 \cdot 2 + 2,145 \cdot (0,135 + 0,25) + 2,375 \cdot 0,05 \cdot 2 + 1,475 \cdot 0,1 \cdot 2 = 2,57 \text{ м}^2$$

- для $\frac{A_1}{A_2} = 0,51$ и $R_o^{учл} = 3$ получаем $r_1 = 0,45$ [прил.8, табл.8.1];

- для $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$ имеем $r_2 = 0,9$ для $\gamma \leq 1200 \text{ кг/м}^3$ имеем $r_2 = 1$ [прил.8, табл.8.2]. Расчеты полученных значений R_o приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Характеристики легкогобетонных панелей с термовкладышами

Материал несущих слоев	$\delta_{нс}$, мм	$\gamma_{нс}$, кг/м ³	$\lambda_{нс}$, Вт/м°С	Материал утепляющего слоя	δ_y , мм	λ_y , Вт/м°С	R_o , м ² °С/Вт
1.Керамзитобетон кл. В1,5	120	1400	0,56	Полистирол, пенопласт	200	0,05	1,73
		1200	0,44				1,97
		1000	0,33				2,03
		800	0,24				2,13
	170	1400	0,56		150	0,05	1,39
		1200	0,44				1,59
		1000	0,33				1,67
		800	0,24				1,79
	120	1200	0,44	Поробетон $\gamma = 350 \text{ кг/м}^3$	200	0,092	1,19
		1000	0,33				1,26

		800	0,24				1,35
2.Поробетон	120	1100	0,32	Полистирол, пенопласт	200	0,05	2,04
		1000	0,27				2,09
		900	0,24				2,13
	170	1100	0,32				1,68
		1000	0,27				1,75
		900	0,24				1,8

4.3. Стена из трехслойных панелей с эффективным утеплителем и гибкими связями между бетонными слоями

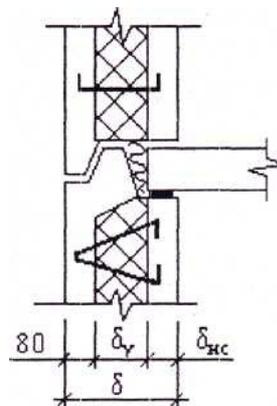


Рисунок 4.2. Схема панели с утеплителем и гибкими связями

$$R_o = K \cdot r \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_{\text{НС}} + 0,08}{\lambda_{\text{НС}}} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} + \frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} \right) \quad (13)$$

При расстоянии между гибкими связями $a = 0,6\text{ м}$ и диаметре связей $d = 8\text{ мм}$ по табл.8.3 [прил.8] принимаем $r = 0,74$ для тяжелого бетона $\gamma = 2400\text{ кг/м}^3$; $r = 0,89$ для керамзитобетона с $\gamma = 1600\text{ кг/м}^3$, $r = 0,93$ для $\gamma = 1200\text{ кг/м}^3$, $r = 0,95$ для $\gamma = 1000\text{ кг/м}^3$.

Результаты полученных значений R_o приведены в таблице 4.3.

5. Конструктивные схемы и эффективные теплоизоляционные материалы в кирпичных стенах

5.1. Стена из эффективного кирпича

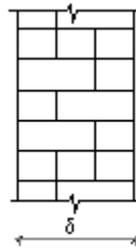


Рисунок 5.1. Стена из керамического пустотного кирпича

Таблица 4.3

Характеристики панелей с утеплителем и гибкими связями

Материал несущих слоев	$\delta_{нс}$, мм	$\gamma_{нс}$, кг/м ³	$\lambda_{нс}$, Вт/м°С	Материал утепляющего слоя	$\delta_{у}$, мм	$\lambda_{у}$, Вт/м°С	R_o , м ² °С/Вт
1. Тяжелый бетон	120	2400	1,74	Полистирол, пенопласт	200	0,05	3
	170	2400	1,74		150	0,05	2,32
	220	2400	1,74		100	0,05	1,64
2. Керамзитобетон	120	1600	0,67		200	0,05	3,77
		1400	0,56				3,9
		1200	0,44				4,1
		1000	0,33				4,3
	170	1600	0,67		150	0,05	2,99
		1400	0,56				3,12
		1200	0,44				3,29
		1000	0,33				3,53

Материал кладки - кирпич керамический пустотный на цементно-песчаном растворе $\gamma_{\text{брутто}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,52 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H}$$

$$\delta = \left(R_{\text{req}} - \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} - \frac{1}{\alpha_H} \right) \cdot \lambda = \left(3,2 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,52 = 1,59 \text{ м}$$

5.2. Слоистая кирпичная стена с утепляющим слоем из эффективного материала

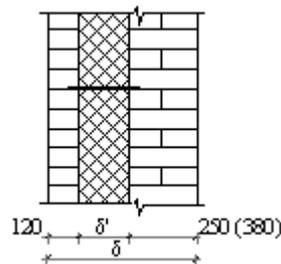


Рисунок 5.2. Слоистая кирпичная стена

Материал кладки:

Кирпич обыкновенный на цементно-песчаном растворе $\gamma_1 = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1 = 0,81 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.

Кирпич облицовочный на цементно-песчаном растворе $\lambda_1' = 0,81 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.

Утеплитель – пенопласт $\gamma_2 = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$; полужесткая минераловатная плита $\gamma_2' = 100 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2' = 0,07 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.

$$R_o = K \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{0,25 + 0,12}{\lambda_1} + \frac{\delta'}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \quad (14),$$

где K – коэффициент приведения, учитывающий влияние металлических связей. Принимаем $K = 0,85$.

$$\delta' = \left(\frac{R_{req}}{K} - \frac{0,25 + 0,12}{\lambda_1} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_H} \right) \cdot \lambda_2 \quad (14')$$

Толщина утепляющего слоя:

$$\delta_1' = \left(\frac{3,2}{0,85} - \frac{0,25 + 0,12}{0,81} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,05 = 0,16i$$

$$\delta_2' = \left(\frac{3,2}{0,85} - \frac{0,25 + 0,12}{0,81} - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,07 = 0,22i$$

5.3. Стена из газобетонных мелких блоков (камней)

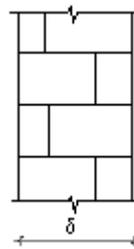


Рисунок 5.3. Блочная стена

Материал кладки - стеновые камни из ячеистого бетона $\gamma_1 = 500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1 = 0,21 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$, $\gamma_1' = 700 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1' = 0,325 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$.

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H} \quad (15)$$

$$\delta = \left(R_{req} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{1}{\alpha_H} \right) \cdot \lambda = \left(3,2 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,21 = 0,64i \quad (15')$$

Принимаем с учетом необходимости оштукатуривания стен $\delta_1 = 800 \text{ мм}$ (2 камня).

$$\delta = \left(3,2 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,325 = 0,99i$$

Принимаем $\delta_1' = 1000 \text{ мм}$ (2,5 камня).

5.4. Стена из газобетонных мелких блоков (камней) с утепляющим слоем из эффективного материала и слоем облицовочного кирпича

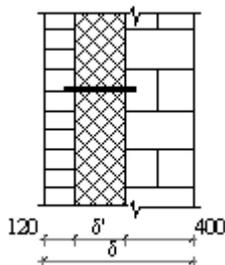


Рисунок 5.4. Блочная стена, облицованная кирпичом

Материал несущих слоев:

- стеновые камни из ячеистого бетона $\gamma_1 = 700 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1 = 0,325 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$;

- кирпич облицовочный на цементно-песчаном растворе $\gamma_1' = 1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1' = 0,81 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$.

Утеплитель:

- полистирольный пенопласт $\gamma_2 = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$;

- полужесткая минераловатная плита $\gamma_2' = 100 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2' = 0,07 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$.

$$R_o = K \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{0,4}{\lambda_1} + \frac{0,12}{\lambda_1} + \frac{\delta'}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \quad (16)$$

где K - коэффициент приведения, учитывающий влияние металлических связей.

Принимаем $K = 0,85$.

$$\delta' = \left(\frac{R_{\text{req}}}{K} - \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} - \frac{0,4}{\lambda_1} - \frac{0,12}{\lambda_1} - \frac{1}{\alpha_H} \right) \cdot \lambda_2 \quad (16')$$

Толщина утепляющего слоя:

$$\delta_1 = \left(\frac{3,2}{0,85} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,4}{0,325} - \frac{0,12}{0,81} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,05 = 0,11 \text{ м}$$

$$\delta_2 = \left(\frac{3,2}{0,85} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,4}{0,325} - \frac{0,12}{0,81} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,07 = 0,16 \text{ м}$$

6. Стена из деревянного бруса с утепляющим слоем, облицованная вагонкой

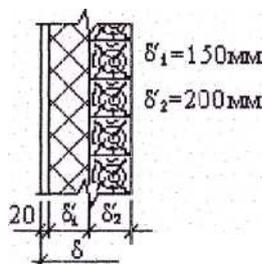


Рисунок 6.1. Сечение деревянной стены

Материал: сосна, ель $\gamma_1 = 500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1 = 0,18 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$.

Утеплитель:

- полистирольный пенопласт $\gamma_2 = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$;

- полужесткая минераловатная плита $\gamma_2' = 100 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2' = 0,07 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$

$$R_o = K \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1 + 0,02}{\lambda_1} + \frac{\delta'}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \quad (17),$$

где K - коэффициент приведения, учитывающий влияние деревянных реек в утепляющем слое. Принимаем $K' = 0,9$.

$$\delta' = \left(\frac{R_{\text{req}}}{K} - \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} - \frac{\delta_1 + 0,02}{\lambda_1} - \frac{1}{\alpha_H} \right) \cdot \lambda_2 \quad (17')$$

Толщина утепляющего слоя:

$$\delta_1 = \left(\frac{3,2}{0,9} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,17}{0,18} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,05 = 0,12 \text{ м}$$

$$\delta_2 = \left(\frac{3,2}{0,9} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,17}{0,18} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,07 = 0,17 \text{ м}$$

$$\delta_3 = \left(\frac{3,2}{0,9} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,22}{0,18} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,05 = 0,11 \text{ м}$$

$$\delta_4 = \left(\frac{3,2}{0,9} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,22}{0,18} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,07 = 0,13 \text{ м}$$

7. Стена из деревянного каркаса с утеплителем, облицованная снаружи вагонкой, изнутри оргалитом

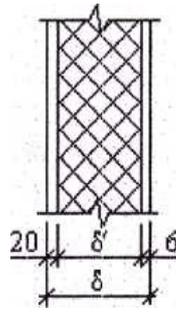


Рисунок 7.1. Стена из деревянного каркаса с утеплителем

Материал:

- сосна, ель $\gamma_1 = 500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1 = 0,18 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$;
- картон облицовочный $\gamma_1' = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1' = 0,23 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$.

Утеплитель:

- полистирольный пенопласт $\gamma_2 = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$
- полужесткая минераловатная плита $\gamma_2' = 100 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2' = 0,07 \text{ Вт/м} \cdot \text{°C}$.

$$R_o = K \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{0,02}{\lambda_1} + \frac{0,006}{\lambda_1} + \frac{\delta'}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \quad (18),$$

где K - коэффициент приведения, учитывающий влияние деревянного каркаса в слое утеплителя. Примем $K = 0,9$.

$$\delta' = \left(\frac{R_{\text{req}}}{K} - \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} - \frac{0,02}{\lambda_1} - \frac{0,006}{\lambda_1} - \frac{1}{\alpha_H} \right) \cdot \lambda_2 \quad (18')$$

Толщина утепляющего слоя:

$$\delta_1 = \left(\frac{3,2}{0,9} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,18} - \frac{0,006}{0,23} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,05 = 0,15 \text{ м}$$

$$\delta_2 = \left(\frac{3,2}{0,9} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,18} - \frac{0,006}{0,23} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,07 = 0,2 \text{ м}$$

8. Определение коэффициента теплопроводности стенового камня

8.1. Характеристика стенового камня

Камень рядовой стеновой из керамзитобетона с 30% пустот и

основными размерами: $L = 390\text{мм}$; $B = 190\text{мм}$; $H = 188\text{мм}$ (рис. 8.1). Камень марки *БКА - 2* изготавливается из легкого бетона на пористых заполнителях с объемным весом 1200кг/м^3 (бетон марки 150), марка по прочности на сжатие 25, 35, 50; морозостойкость не ниже $\text{Мрз } 25$.

8.2. Определение приведенного сопротивления теплопередаче

Приведенное термическое сопротивление R неоднородной ограждающей конструкции стенового камня определяется следующим образом:

а) плоскостями, параллельными направлению теплового потока; стеновой камень условно разрезается на участки, из которых одни участки однородны - из материала керамзитобетона, а другие неоднородны - из керамзитобетона и воздушной прослойки, термическое сопротивление ограждающей конструкции R_a определяется по формуле:

$$R_a = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \frac{A_3}{R_3}} \quad (19),$$

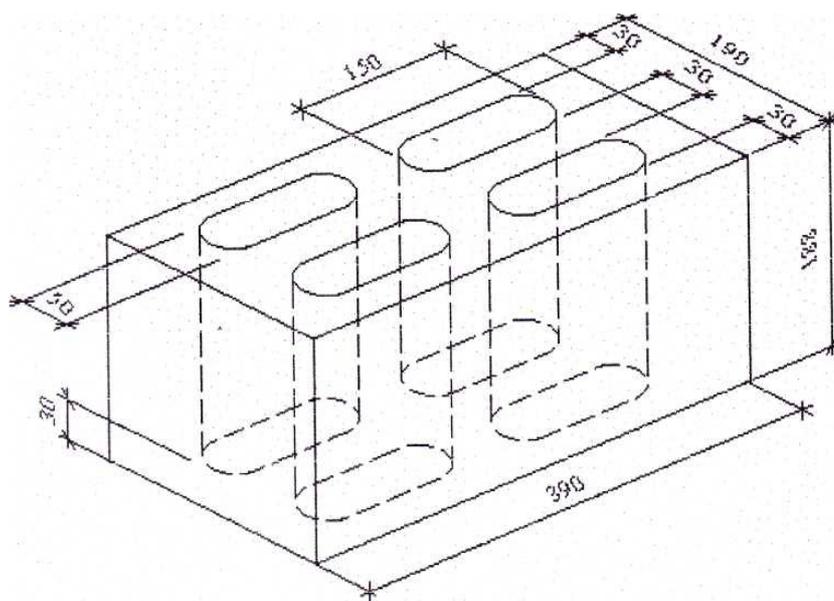


Рисунок 8.1. Стеновой блок

где A_1, A_2, A_3 - площади отдельных участков конструкции в m^2 (рис. 8.1),

R_1, R_2, R_3 - термические сопротивления 1, 2, 3 участков блока (рис. 8.2), определяемые по формуле для однородных материалов:

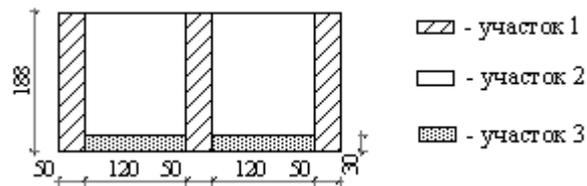


Рисунок 8.2. Участки блока (продольное сечение)

$$R_1 = R_2 = \frac{\delta_1}{\lambda} = \frac{0,1}{0,52} = 0,365 \text{ } \hat{i}^2 \cdot \hat{i} \tilde{N} / \hat{A} \hat{\delta} \quad (20),$$

Здесь $\delta_1 = 0,19m$ – толщина блока,

$\lambda = 0,52Bm/m^{\circ}C$ - расчетный коэффициент теплопроводности керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией,

R_2 - термическое сопротивление неоднородного участка 2 (рис. 8.2), которое для ограждающих конструкций с последовательно расположенными однородными слоями определяем как сумму термических сопротивлений слоев керамзитобетона и воздушных прослоек по формуле:

$$R_2 = R_1 + R_{\hat{A}\hat{i}} = 3 \frac{\delta_1}{\lambda} + 2 \cdot (R_{\hat{A}\hat{i}\hat{i}} + R_{\hat{A}\hat{i}\hat{i}}) \quad (21)$$

$$R_2 = 3 \cdot \frac{0,03}{0,52} + 2 \cdot (0,14 + 0,17) = 0,793 \hat{i}^2 \cdot \hat{i} \tilde{N} / \hat{A} \hat{\delta},$$

здесь $\delta_1 = 0,03m$ - толщина прослоек из керамзитобетона;

$R_{\hat{v}\hat{n}\hat{n}} = 0,14m^2^{\circ}C/Bm$ - термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки при положительной температуре воздуха в прослойке,

$R_{\hat{v}\hat{n}\hat{o}} = 0,17m^2^{\circ}C/Bm$ - то же при отрицательной температуре воздуха в прослойке [прил.9].

Определяем площади участков 1,2,3

$$\hat{A}_1 = 0,05 \cdot 0,188 = 0,0094 \hat{i}^2$$

$$\hat{A}_2 = 0,158 \cdot 0,12 = 0,019 \hat{i}^2$$

$$\hat{A}_3 = 0,03 \cdot 0,12 = 0,0036 \hat{i}^2$$

Определяем R_a :

$$R_a = \frac{3A_1 + 2A_2 + 2A_3}{3A_1/R_1 + 2A_2/R_2 + 2A_3/R_3} = 0,506 \text{ м}^2 \tilde{N} / \hat{A} \delta$$

Плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, блок условно разрезается на слои, из которых одни слои однородны - из материала керамзитобетона, а другие неоднородные - из керамзитобетона и воздушной прослойки. Термическое сопротивление однородного слоя из керамзитобетона определяется по формуле (20), неоднородных швов – по формуле (19):

$$R_{H1} = \frac{3A_1 + 2A_2^1}{3A_1/R_1^1 + 2A_2^1/R_{\hat{A}\tilde{H}}} = 0,119 \text{ м}^2 \tilde{N} / \hat{A} \delta$$

- при положительной температуре воздуха в прослойке

$$R_{H2} = \frac{3A_1 + 2A_2^1}{3A_1/R_1^1 + 2A_2^1/R_{\hat{A}\tilde{H}}} = 0,131 \text{ м}^2 \tilde{N} / \hat{A} \delta$$

- при отрицательной температуре воздуха в прослойке.

Здесь $\hat{A}_1 = 0,05 \cdot 0,188 = 0,0094 \text{ м}^2$ - площадь участка 1;

$\hat{A}_2^1 = 0,12 \cdot 0,188 = 0,02256 \text{ м}^2$ - площадь участка 2 (без учета перемычек).

$$R_1^1 = \frac{\delta_1^1}{\lambda} = \frac{0,05}{0,52} = 0,096 \text{ м}^2 \tilde{N} / \hat{A} \delta$$

- термическое сопротивление участка 1

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda} = \frac{0,03}{0,52} = 0,0577 \text{ м}^2 \tilde{N} / \hat{A} \delta$$

- термическое сопротивление однородных слоев.

Термическое сопротивление блока R_b определяем как сумму термических сопротивлений отдельных однородных и неоднородных слоев:

$$R_b = 3R_1 + R_{H1} + R_{H2} = 0,423 \text{ м}^2 \tilde{N} / \hat{A} \delta$$

Приведенное сопротивление ограждающей конструкции блока:

$$R_K^{iD} = \frac{R_a + 2R_{\dot{a}}}{3} = \frac{0,506 + 2 \cdot 0,423}{3} = 0,45 \dot{\lambda}^2 \tilde{N} / \hat{A} \dot{\delta}$$

С учетом R_K^{iD} коэффициент теплопроводности конструкции блока составит:

$$\lambda = \frac{\delta}{R_K^{iD}} = \frac{0,19}{0,45} = 0,422 \hat{A} \dot{\delta} / \dot{\lambda}^2 \tilde{N}$$

8.3. Определение приведенного сопротивления теплопередаче по длине блока

Плоскостями, параллельными направлению теплового потока, стеновой камень условно разрезается по направлению длинной стороны на участки. Термическое сопротивление R_a определяется по формуле (19).

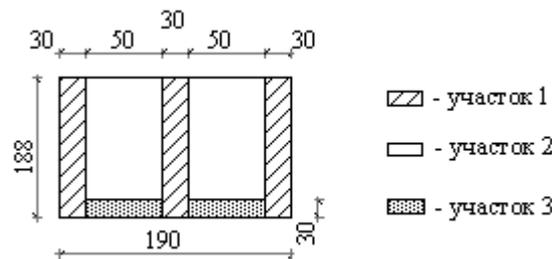


Рисунок 8.3. Участки блока (поперечное сечение)

Определяем площади участков 1, 2, 3

$$\dot{A}_1 = 0,03 \cdot 0,188 = 0,00564 \dot{\lambda}^2$$

$$\dot{A}_2 = 0,05 \cdot 0,158 = 0,0079 \dot{\lambda}^2$$

$$\dot{A}_3 = 0,03 \cdot 0,05 = 0,0015 \dot{\lambda}^2$$

Определяем термические сопротивления участков R_1 , R_2 и R_3 для участков 1, 2, 3:

а) R_1 и R_3 - определяем по формуле (20) для однородных материалов:

$$R_1 = R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,39}{0,52} = 0,75 \dot{\lambda}^2 \cdot \dot{\lambda}^2 \tilde{N} / \hat{A} \dot{\delta},$$

здесь $\delta = 0,39\text{м}$ - толщина блока по длинной стороне.

б) R_2 - определяем как сумму термических сопротивлений слоев керамзитобетона и воздушных прослоек по формуле (21):

$$R_2 = 3 \cdot \frac{0,05}{0,52} + 2 \cdot (0,15 + 0,18) = 0,948 \text{ } \overset{2i}{\tilde{N}} / \hat{A} \delta ,$$

здесь $\delta = 0,005 \text{ м}$ – толщина прослоек керамзитобетона.

По формуле (19) находим R_a :

$$R_a = \frac{3A_1 + 2A_2 + 2A_3}{\frac{3A_1}{R_1} + \frac{2A_2}{R_2} + \frac{2A_3}{R_3}} = 0,8264 \text{ } \overset{2i}{\tilde{N}} / \hat{A} \delta$$

Плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, блок условно разделяем на слои. Термическое сопротивление однородного слоя из керамзитобетона определяется по формуле (20), неоднородных слоев - по формуле (19):

$$R_i^1 = \frac{3A_1 + 2A_2^1}{\frac{3A_1}{R_1^1} + \frac{2A_2^1}{R_{A\bar{H}}}} = 0,18 \text{ } \overset{2i}{\tilde{N}} / \hat{A} \delta$$

$$R_i^2 = \frac{3A_1 + 2A_2^1}{\frac{3A_1}{R_1^1} + \frac{2A_2^1}{R_{A\bar{H}}}} = 0,2 \text{ } \overset{2i}{\tilde{N}} / \hat{A} \delta$$

здесь площади:

$$\hat{A}_1 = 0,03 \cdot 0,188 = 0,00564 \text{ } \overset{2}{i} \text{ } \tilde{N} ,$$

$$\hat{A}_2^1 = 0,05 \cdot 0,188 = 0,0094 \text{ } \overset{2}{i} \text{ } \tilde{N} ,$$

термические сопротивления:

$$R_1^1 = \frac{\delta_1^1}{\lambda} = \frac{0,12}{0,52} = 0,231 \text{ } \overset{2i}{\tilde{N}} / \hat{A} \delta$$

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda} = \frac{0,05}{0,52} = 0,096 \text{ } \overset{2i}{\tilde{N}} / \hat{A} \delta$$

Термическое сопротивление блока в направлении длинной стороны определяем как сумму термических сопротивлений отдельных однородных слоев:

$$R_a = 3R_1 + R_H^1 + R_H^2 = 0,668 \text{ } \overset{2i}{\tilde{N}} / \hat{A} \delta$$

Приведенное сопротивление ограждающей конструкции блока:

$$R_K^{iD} = \frac{R_a + 2R_d}{3} = \frac{0,826 + 2 \cdot 0,668}{3} = 0,7208 \text{ } \hat{N} / \hat{A} \hat{\delta}$$

С учетом R_K^{iD} коэффициент теплопроводности λ конструкции блока вдоль длинной стороны составит:

$$\lambda = \frac{\delta}{R_K^{iD}} = \frac{0,39}{0,7208} = 0,541 \hat{A} \hat{\delta} / \hat{i} \hat{N}$$

8.4. Конструкция стен из блоков

а) без защитного слоя (рис. 8.4.)

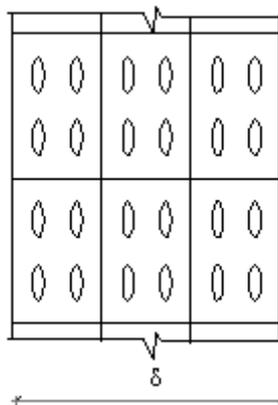


Рисунок 8.4. Стена из блоков

Материал кладки: блок, изготовленный из керамзитобетона на керамзитовом песке $\lambda = 0,374 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$.

Толщина стены:

$$\delta = \left(3,2 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,374 = 1,14 \hat{i}$$

б) с защитным слоем из керамического кирпича (рис. 8.5)

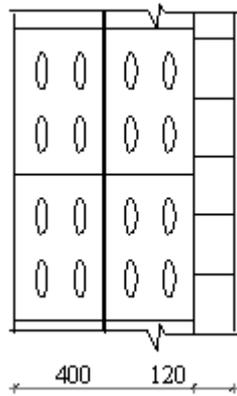


Рисунок 8.5. Стена из блоков с защитным слоем из кирпича

Материал кладки:

- несущий слой из блоков, изготовленных из керамзитобетона на керамзитовом песке $\lambda = 0,374 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$;

- защитный слой из керамического пустотного кирпича на цементно-песчаном растворе $\gamma_2 = 1400 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2 = 0,52 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.

Сопротивление теплопередаче для данного варианта кладки:

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,4}{0,374} + \frac{0,12}{0,52} + \frac{1}{23} = 1,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°С} / \text{Вт},$$

что на 53 % меньше требуемого приведенного сопротивления теплопередаче для наружных стен.

в) без защитного слоя с утеплителем между блоками (рис.8.6)

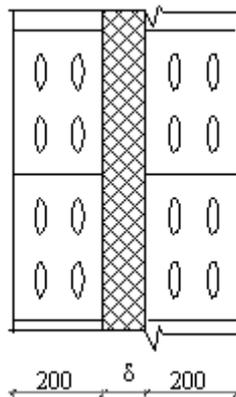


Рисунок 8.6. Стена из блоков с утеплителем

Материал кладки:

- блоки из керамзитобетона на керамзитовом песке $\lambda = 0,374 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$;

- плиточный полистирольный пенопласт $\gamma_2 = 40 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2 = 0,05 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$.

Толщина утеплителя:

$$\delta = \left(3,2 - \frac{1}{8,7} - 2 \cdot \frac{0,2}{0,374} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,05 = 0,1 \text{ м}$$

8.5. Выводы

1. Коэффициент теплопроводности блока, изготовленного из керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией, объемным весом $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$ ($\lambda = 0,52 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$) с 30 % пустот марки *БКА - 2* составляет $0,422 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

2. Коэффициент теплопроводности этого же блока, изготовленного из керамзитобетона на керамзитовом песке $\lambda = 0,44 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ составляет $0,374 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

3. Располагать в кладке блок длинной стороной перпендикулярно оси стены не рекомендуется, так как на 30 % увеличивается коэффициент теплопроводности.

4. Наиболее эффективная стена получается из блоков между рядами которых уложен слой утеплителя.

Зоны влажности территории России

Зоны влажности	Города, находящиеся в зоне влажности
Влажная	Мурманск, Архангельск, Санкт-Петербург, Сочи
Нормальная	Москва, Псков, Великий Новгород, Нижний Новгород, Ярославль, Кострома, Вологда, Тверь, Смоленск, Курск, Владимир, Рязань, Сыктывкар, Калининград
Сухая	Белгород, Липецк, Воронеж, Саранск, Пенза, Саратов, Ростов-на-Дону, Ульяновск, Самара, Волгоград, Оренбург, Уфа, Челябинск, Омск, Новосибирск, Кемерово, Краснодар, Астрахань

Климатические параметры холодного периода года

Город	Параметры периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$	
	Продолжительность, сут.	Средняя температура, $^{\circ}\text{C}$
1	2	3
Архангельск	253	-4,4
Санкт-Петербург	220	-1,8
Сочи	92	6,4
Москва	214	-3,1
Псков	212	-1,6
Великий Новгород	221	-2,3
Нижний Новгород	215	-4,1
Ярославль	221	-4
Кострома	222	-3,9
Вологда	231	-4,1
Смоленск	215	-2,4
Курск	198	-2,4
Владимир	213	-3,5
Рязань	208	-3,5
Сыктывкар	245	-5,8
Калининград	193	1,1
Белгород	191	-1,9
Липецк	202	-3,4
Воронеж	196	-3,1
Саранск	209	-4,5
Пенза	207	-4,5
Саратов	196	-4,3

1	2	3
Ростов-на-Дону	171	-0,6
Ульяновск	212	-5,4
Самара	203	-5,2
Волгоград	177	-2,4
Оренбург	202	-6,3
Уфа	213	-5,9
Челябинск	218	-6,5
Омск	221	-8,4
Новосибирск	230	-8,7
Кемерово	231	-8,3
Краснодар	149	2
Астрахань	167	-1,2

Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12	св.12 до 24	св.24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60
Мокрый	-	Св. 75	Св. 60

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по приложению 1)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по приложению В СНиП 23-02-2003)		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты <i>a</i> и <i>б</i>	Градусо-сутки отопительного периода $D_d, ^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{\text{req}}, \text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
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
	<i>a</i>	-	0,00035	0,0005	0,00045	-
<i>б</i>	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания с влажным и мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3	4	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
	<i>a</i>	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005
<i>б</i>	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3	4	3	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
	<i>a</i>	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025
<i>б</i>	-	1	1,5	1	0,2	0,15

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности
ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_{int} , Вт/м ² ·°С
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8
4. Зенитных фонарей	9,9

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности
ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий 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 и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	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

Коэффициент, учитывающий относительную площадь ребер
в конструкции

$R_o^{уст}$, $м^2 \cdot C / Вт$	r_1 при A_1/A_2		
	0,25	0,15	0,05
3	0,5	0,56	0,79
2,1	0,67	0,73	0,83
1,7	0,76	0,8	0,86
1,4	0,83	0,85	0,87

A_1 – площадь ребер в конструкции, $м^2$;
 A_2 – площадь конструкции (без учета площади оконных и дверных проемов), $м^2$

Таблица 8.2

Коэффициент, учитывающий плотность материала ребер конструкции

Плотность материала, γ , $кг/м^3$	1000	1200	1400	1600	2400
r_2	1	1	0,9	0,8	0,6

Примечание: для трехслойных конструкций толщиной менее 0,3 м коэффициент r следует умножать на 0,9

Таблица 8.3

Коэффициент для участков ограждающих конструкций из панелей с гибкими металлическими связями в сочетании с утеплителем из минеральных волокон или вспененных пластмасс

Конструктивные слои		Коэффициент γ при расстоянии между гибкими связями a , м							
		0,6		0,8		1		1,2	
материал	Плотность материала γ , 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	0,9	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	0,8	0,75	0,84	0,81	0,87	0,85

Термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{ВП}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2...0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

Примечание: при оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза

Определение толщины дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций в различных районах строительства на территории РФ

По назначению здания образуют четыре группы:

- 1) жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты;
- 2) общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным и мокрым режимом;
- 3) производственные с сухим и нормальным режимом;
- 4) здания с влажным и мокрым режимом.

Необходимая при реконструкции зданий толщина слоя дополнительной теплоизоляции стен и покрытий при выполнении ее из минераловатных плит на битумном связующем для всех областных и республиканских центров страны и указанных выше первых трех групп помещений приведена в таблице 8.1.

Для зданий с влажным и мокрым режимом толщина теплоизоляции принимается большей из приведенных в таблице 8.1.

Толщина слоя дополнительной теплоизоляции определялась с учетом следующих условий:

Стены выполнены из полнотелого глиняного кирпича толщиной в зависимости от назначения здания и района строительства - 380, 510, 640 или 770 мм со штукатуркой 20 мм для зданий 1 и 2 групп и без штукатурки - для зданий 3 группы, дополнительная теплоизоляция - из плит марки «150». Коэффициент теплотехнической однородности 0,9.

При определении толщины дополнительной теплоизоляции учтено сопротивление теплопередаче защитно-декоративного слоя из цементной штукатурки толщиной 30 мм. При защитно-декоративной стенке из кирпича толщиной 120 мм, приведенная в таблице толщина слоя дополнительной изоляции, уменьшается на 10 мм.

При стенах из легкбетонных панелей или монолитного железобетона определяется сопротивление теплопередаче существующей стены при этих материалах и соответственно корректируется необходимая толщина дополнительной теплоизоляции. Например, для третьей группы зданий в г. Москве при стене из керамзитобетонных панелей $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$ ($\lambda = 0,52 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$) толщиной 300 мм.

$$R_{\text{н\ddot{o}i}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{0,52} + \frac{1}{23} = 0,73 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

толщина дополнительной теплоизоляции составит

$$\delta = (R_{\text{req}} - R_{\text{н\ddot{o}i}}) \cdot \lambda = (1,82 - 0,73) \cdot 0,041 = 0,045 \text{ м}$$

Для покрытий дополнительная теплоизоляция (из плит марки «200») устраивается по существующей теплоизоляции, стяжке и кровле, которые, при необходимости предварительно ремонтируют. При определении толщины дополнительной теплоизоляции учтены новая стяжка из цементно-песчаного раствора толщиной 25 мм и кровля из четырех слоев рубероида на битумной мастике. Коэффициент теплотехнической однородности принят равным 1.

Таблица 10.1

Толщина дополнительной теплоизоляции ограждающих конструкций в различных районах строительства на территории РФ

№ п/п	Город РФ	Условия эксплуатации	Градуco-сутки отопительного периода	Тип помещения	Стены			Покрытия		
					$R_o^{сущ}$	R_{req}	Толщина доп. изоляции, мм	$R_o^{сущ}$	R_{req}	Толщина доп. изоляции, мм
					$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$			$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	АРХАН- ГЕЛЬСК	Б	5700	1	0,97	3,4	160	1,55	5,05	240
				2	0,81	2,91	140	1,13	3,88	190
				3	0,79	2,14	80	0,88	2,92	130
2	АСТРА- ХАНЬ	А	3400	1	0,91	2,59	100	1,26	3,9	180
				2	0,73	2,16	90	0,92	2,96	130
				3	0,71	1,68	50	0,72	2,35	100
3	АНАДЫ- РЬ	А	9000	1	1,1	4,55	240	1,72	6,7	360
				2	1,1	3,9	190	1,25	5,2	280
				3	0,89	2,8	120	0,98	3,75	190
4	БАРНА- УЛ	А	5800	1	1,1	3,43	150	1,72	5,1	240
				2	1,1	2,94	120	1,25	3,92	180
				3	0,89	2,16	80	0,98	2,95	130
5	БЕЛГО- РОД	А	4000	1	0,89	2,8	120	1,15	4,2	210
				2	0,73	2,4	100	0,83	3,2	160
				3	0,71	1,8	60	0,66	2,5	120
6	БЛАГО- ВЕ- ЩЕНСК	Б	6300	1	0,97	3,6	200	1,58	5,35	280
				2	0,97	3,09	160	1,15	4,12	220
				3	0,79	2,26	100	0,9	3,75	210

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	БРЯНСК	Б	4000	1	0,97	2,8	130	1,37	4,2	200
				2	0,81	2,4	110	1	3,2	150
				3	0,63	1,8	80	0,79	2,5	110
8	БРАТСК	А	6900	1	1,29	3,81	170	1,83	5,65	270
				2	1,1	3,27	140	1,33	4,36	210
				3	1,08	2,38	80	1,05	3,22	140
9	ВОЛГО- ГРАД	А	3900	1	0,91	2,76	120	1,37	4,15	190
				2	0,73	2,36	110	1	3,16	140
				3	0,71	1,78	60	0,79	2,47	110
10	ВОЛОГ- ДА	Б	5200	1	0,97	3,22	170	1,55	4,8	240
				2	0,81	2,76	140	1,13	3,68	180
				3	0,79	2,04	80	0,88	2,8	130
11	ВОРО- НЕЖ	А	4300	1	0,91	2,9	130	1,37	4,35	200
				2	0,73	2,49	110	1	3,32	150
				3	0,71	1,88	70	0,79	2,57	110
12	ВЛАДИ- МИР	Б	4900	1	0,97	3,11	160	1,46	4,65	230
				2	0,81	2,67	130	1,06	3,56	180
				3	0,63	1,98	90	0,83	2,72	130
13	ВЛАДИ- ВОСТОК	Б	4600	1	0,81	3,01	160	1,26	4,5	240
				2	0,81	2,58	130	0,92	3,44	180
				3	0,63	1,92	90	0,72	2,65	130
14	ВЛАДИ- КАВКАЗ	А	3200	1	0,73	2,52	110	1,09	3,8	180
				2	0,73	2,08	80	0,79	2,88	140
				3	0,71	1,64	50	0,62	2,3	110
15	ГРОЗ- НЫЙ	А	2900	1	0,73	2,41	100	1,14	3,65	170
				2	0,73	1,96	70	0,83	2,76	120
				3	0,71	1,58	40	0,65	2,22	100

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16	ЕКАТЕ- РИН- БУРГ	А	5600	1	1,1	3,48	150	1,64	5	230
				2	0,91	2,88	130	1,19	3,84	180
				3	0,71	2,12	80	0,93	2,9	130
17	ИВАНО- ВО	Б	4900	1	0,97	3,11	160	1,46	4,65	230
				2	0,81	2,67	130	1,06	3,56	180
				3	0,79	1,98	80	0,83	2,72	130
18	ИГАРКА	А	9300	1	1,29	4,65	230	2,04	6,85	340
				2	1,1	3,99	200	1,48	5,32	270
				3	0,89	2,86	120	1,16	3,82	180
19	ИР- КУТСК	А	6500	1	1,1	3,67	170	1,64	5,45	270
				2	0,91	3,15	150	1,19	4,2	210
				3	0,89	2,3	80	0,93	3,12	140
20	ИЖЕВСК	Б	5400	1	0,97	3,29	170	1,6	4,9	240
				2	0,97	2,82	130	1,17	3,76	180
				3	0,79	2,08	80	0,92	2,82	130
21	ЙОШ- КАР- ОЛА	Б	5300	1	0,97	3,25	170	1,6	4,85	240
				2	0,97	2,79	130	1,17	3,72	180
				3	0,79	2,06	80	0,92	2,82	130
22	КАЗАНЬ	Б	5200	СМ. ВОЛОГДА – П.10						
23	КАЛИ- НИН- ГРАД	Б	3400	1	0,81	2,59	130	1,14	3,9	200
				2	0,65	2,16	100	0,83	2,96	150
				3	0,63	1,68	70	0,65	2,35	110
24	КАЛУГА	Б	4600	1	0,97	3,01	150	1,4	4,5	230
				2	0,81	2,58	130	1,02	3,44	170
				3	0,63	1,92	90	0,8	2,65	130

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	КЕМЕРОВО	А	6200	1	1,29	3,57	150	1,72	5,3	250
				2	1,1	3,06	130	1,25	4,08	190
				3	0,89	2,24	80	0,98	3,05	140
26	КИРОВ	Б	5500	1	0,97	3,32	170	1,55	4,95	250
				2	0,97	2,85	130	1,13	3,8	200
				3	0,79	2,1	90	0,88	2,87	140
27	КОСТРОМА	Б	5000	1	0,97	3,15	160	1,52	4,7	230
				2	0,81	2,7	140	1,11	3,6	180
				3	0,79	2	80	0,87	2,75	130
28	КРАСНОДАР	А	2500	1	0,73	2,27	90	1,17	3,45	150
				2	0,73	1,8	80	0,85	2,6	110
				3	0,71	1,5	40	0,67	2,12	90
29	КРАСНОЯРСК	А	5900	1	1,29	3,46	140	1,78	5,15	230
				2	1,1	2,97	120	1,29	3,96	180
				3	0,89	2,18	70	1,01	2,98	130
30	КУРГАН	А	5800	1	1,1	3,43	150	1,69	5,1	240
				2	1,1	2,94	120	1,23	3,92	180
				3	0,89	2,16	70	0,96	2,95	130
31	КУРСК	Б	4200	1	0,97	2,87	140	1,37	4,3	210
				2	0,81	2,46	120	1	3,28	160
				3	0,63	1,84	80	0,79	2,55	120
32	КЫЗЫЛ	А	7800	1	1,1	4,13	210	1,92	6,1	290
				2	0,91	3,54	180	1,4	4,72	230
				3	0,71	2,56	120	1,1	3,45	160
33	ЛИПЕЦК	А	4400	1	1,1	2,94	120	1,4	4,4	210
				2	0,91	2,52	100	1,02	3,36	160
				3	0,71	1,88	70	0,8	2,6	110

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
34	МАГА- ДАН	Б	7700	1	0,97	4,09	240	1,43	5,95	340
				2	0,81	3,51	200	1,05	4,68	270
				3	0,63	2,54	140	0,82	3,43	190
35	МАХАЧ КАЛА	А	2300	1	0,73	2,2	90	1,06	3,35	150
				2	0,73	1,67	50	0,77	2,52	110
				3	0,71	1,46	30	0,6	2,07	90
36	МОСК- ВА	Б	4600	СМ. КАЛУГА – П.24						
37	МУР- МАНСК	Б	6000	1	0,97	3,5	190	1,43	5,2	280
				2	0,81	3	160	1,04	4	210
				3	0,63	2,2	110	0,82	3	150
38	НАЛЬ- ЧИК	А	3100	1	0,73	2,48	110	1,12	3,85	180
				2	0,73	2,04	80	0,81	2,84	130
				3	0,71	1,62	50	0,64	2,27	100
39	Н.НОВ- ГОРОД	Б	4900	1	0,97	3,11	160	1,49	4,65	230
				2	0,81	2,67	130	1,08	3,56	180
				3	0,79	1,98	80	0,85	2,72	130
40	НОВО- РОС- СИЙСК	А	1800	1	0,73	2,03	80	1,06	3,1	130
				2	0,73	1,52	40	0,77	2,32	100
				3	0,71	1,36	30	0,6	1,95	80
41	НОВГО- РОД	Б	4500	1	0,97	2,97	140	1,4	4,45	220
				2	0,81	2,55	120	1,02	3,4	170
				3	0,63	1,9	80	0,8	2,62	120
42	НОВОСИ БИРСК	А	6200	1	1,29	3,57	150	1,72	5,3	250
				2	1,1	3,06	130	1,25	4,08	190
				3	0,89	2,24	80	0,98	3,05	140

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
43	ОМСК	А	6000	1	1,1	3,5	160	1,69	5,2	250
				2	1,1	3	120	1,23	4	190
				3	0,89	2,2	80	0,96	3	130
44	ОРЕН- БУРГ	А	5200	1	1,1	3,22	140	1,55	4,8	220
				2	0,91	2,76	120	1,13	3,68	170
				3	0,71	2,04	80	0,88	2,8	120
45	ОРЕЛ	Б	4400	1	0,97	2,94	140	1,4	4,4	220
				2	0,81	2,52	120	1,02	3,36	160
				3	0,63	1,88	80	0,8	2,6	120
46	ПЕНЗА	А	4800	1	1,1	3,08	130	1,46	4,6	220
				2	0,91	2,64	110	1,06	3,52	160
				3	0,71	1,96	70	0,83	2,7	120
47	ПЕРМЬ	Б	5500	1	0,97	3,32	170	1,63	4,95	240
				2	0,97	2,85	130	1,19	3,8	190
				3	0,97	2,1	90	0,93	2,87	130
48	ПЕТРОПА ВЛОВСК- КАМЧАТС КИЙ	Б	5400	1	0,81	3,29	180	1,03	4,9	290
				2	0,65	2,82	160	0,75	3,76	220
				3	0,63	2,08	100	0,59	2,85	160
49	ПЕТРО- ЗА- ВОДСК	Б	5200	1	0,97	3,22	170	1,49	4,8	240
				2	0,81	2,76	140	1,08	3,68	190
				3	0,63	2,04	100	0,85	2,8	130
50	ПСКОВ	Б	4200	1	0,97	2,87	140	1,4	4,3	210
				2	0,81	2,46	120	1,02	3,28	160
				3	0,63	1,84	80	0,8	2,55	120
51	РОСТОВ- НА- ДОНУ	А	3300	1	0,91	2,55	170	1,29	3,85	170
				2	0,73	2,12	130	0,94	2,92	130
				3	0,71	1,66	100	0,74	2,32	100

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
52	РЯЗАНЬ	Б	4700	1	0,97	3,04	140	1,46	3,55	140
				2	0,81	2,61	110	1,06	2,68	110
				3	0,63	1,94	80	0,83	2,17	80
53	САМАРА	А	5000	СМ. КОСТРОМА – П.27						
54	САНКТ- ПЕТЕР- БУРГ	Б	4400	1	0,97	2,94	140	1,35	4,4	220
				2	0,81	2,52	120	0,98	3,36	170
				3	0,63	1,88	80	0,77	2,6	120
55	СА- РАНСК	А	4800	1	1,1	3,08	130	1,49	4,6	220
				2	0,91	2,64	110	1,08	3,52	160
				3	0,71	1,96	70	0,85	2,7	120
56	САРА- ТОВ	А	4600	1	1,1	3,01	120	1,46	4,5	210
				2	0,91	2,58	100	1,06	3,44	160
				3	0,71	1,92	70	0,83	2,65	120
57	САЛЕ- ХАРД	Б	8300	1	1,13	4,3	240	1,84	6,35	340
				2	0,97	3,69	200	1,33	4,92	260
				3	0,95	2,66	120	1,05	3,57	180
58	СМО- ЛЕНСК	Б	4300	1	0,97	2,9	140	1,4	4,35	210
				2	0,81	2,49	120	1,02	3,32	160
				3	0,63	1,86	80	0,8	2,57	120
59	СТАВРО ПОЛЬ	А	3000	1	0,73	2,45	110	1,17	3,7	170
				2	0,73	2	70	0,85	2,8	130
				3	0,71	1,6	40	0,67	2,25	100
60	СЫК- ТЫВКАР	Б	5900	1	0,97	3,46	190	1,67	5,15	260
				2	0,97	2,97	140	1,21	3,96	200
				3	0,79	2,18	90	0,95	2,98	140

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
61	ТАМБОВ	А	4500	1	1,1	2,97	120	1,43	4,45	210
				2	0,91	2,55	100	1,04	3,4	160
				3	0,71	1,9	70	0,82	2,62	110
62	ТВЕРЬ	Б	4800	1	0,97	3,08	150	1,46	4,6	230
				2	0,81	2,64	130	1,06	3,52	170
				3	0,63	1,96	90	0,83	2,7	130
63	ТОМСК	Б	6300	1	1,13	3,6	180	1,78	5,35	260
				2	0,97	3,09	150	1,29	4,12	200
				3	0,95	2,26	90	1,01	3,75	200
64	ТУЛА	Б	4500	СМ. НОВГОРОД – П.41						
65	ТЮ- МЕНЬ	А	5600	1	1,1	3,38	150	1,72	5	230
				2	1,1	2,88	110	1,25	3,84	170
				3	0,89	2,12	70	0,98	2,9	120
66	УЛья- НОВСК	А	5000	1	1,1	3,15	130	1,55	4,7	220
				2	0,91	2,7	110	1,13	3,6	170
				3	0,71	2	70	0,88	2,75	120
67	УЛАН- УДЕ	А	6700	1	1,1	3,74	180	1,67	5,55	270
				2	1,1	3,21	140	1,21	4,28	210
				3	0,89	2,34	90	0,95	3,17	150
68	УФА	А	5300	1	1,1	3,25	140	1,6	4,85	220
				2	1,1	2,79	110	1,17	3,72	170
				3	0,89	2,06	70	0,92	2,82	120
69	ХАБА- РОВСК	Б	5800	1	0,97	3,43	180	1,49	5,1	270
				2	0,81	2,94	160	1,08	3,92	200
				3	0,79	2,16	90	0,85	2,95	150

Продолжение таблицы 10.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
70	ЧЕБОК- САРЫ	Б	5100	1	0,97	3,18	160	1,52	4,75	240
				2	0,81	2,73	140	1,11	3,64	180
				3	0,79	2,02	80	0,87	2,77	130
71	ЧЕЛЯ- БИНСК	А	5500	1	1,1	3,32	150	1,6	4,95	230
				2	1,1	2,85	110	1,17	3,8	180
				3	0,89	2,1	70	0,92	2,87	130
72	ЧИТА	А	7200	1	1,1	3,92	190	1,69	5,8	290
				2	1,1	3,36	150	1,23	4,48	220
				3	0,89	2,44	90	0,96	3,3	160
73	ЭЛИСТА	А	3500	1	0,91	2,62	110	1,29	3,95	180
				2	0,73	2,2	90	0,94	3	130
				3	0,71	1,7	50	0,74	2,37	100

Теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций

Материал	Плотность γ , кг/м ³	Расчетный коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С) при условиях эксплуатации	
		А	Б
1	2	3	4
Теплоизоляционные материалы			
Маты минераловатные прошивные и на синтетическом связующем	125	0,064	0,07
То же	75	0,06	0,064
Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих	350	0,09	0,11
То же	300	0,087	0,09
То же	200	0,076	0,08
То же	100	0,06	0,07
Пенополистирол	150	0,052	0,06
Пенопласт ПХВ-1 и ПВ-1	125	0,06	0,064
Пенополиуретан	80	0,05	0,05
То же	60	0,041	0,041
То же	40	0,04	0,04
Гравий керамзитовый	800	0,21	0,23
То же	400	0,13	0,14
Гравий шунгизитовый	800	0,2	0,23
То же	400	0,13	0,14
Щебень из доменного шлака, шлаковой пемзы и аглопорита	800	0,21	0,26

1	2	3	4
То же	400	0,14	0,16
Бетоны			
Железобетон	2500	1,92	2,04
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	1800	0,8	0,92
То же	1400	0,56	0,65
То же	1000	0,33	0,41
То же	800	0,24	0,31
Перлитобетон	1200	0,44	0,5
То же	1000	0,33	0,38
То же	800	0,27	0,33
То же	600	0,19	0,23
Шлакопемзопено- и шлакопемзогазобетон	1600	0,63	0,7
То же	1400	0,52	0,58
То же	1200	0,41	0,47
То же	1000	0,35	0,41
Аглопоритобетон	1800	0,85	0,93
То же	1600	0,72	0,78
То же	1400	0,59	0,65
То же	1000	0,38	0,44
Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	1000	0,41	0,47
То же	800	0,33	0,37
То же	600	0,22	0,26
То же	400	0,14	0,15
Газо- и пенозолобетон	1200	0,52	0,58
То же	1000	0,44	0,5
То же	800	0,35	0,41

1	2	3	4
Растворы			
Цементно-песчаный	1800	0,76	0,93
Кирпичная кладка из сплошного кирпича			
Глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,7	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
Кирпичная кладка из пустотного кирпича			
Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м ³ на цементно-песчаном растворе	1600	0,58	0,64
Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м ³ на цементно-песчаном растворе	1400	0,52	0,58
Керамического пустотного плотностью 1000 кг/м ³ на цементно-песчаном растворе	1200	0,47	0,52
Силикатного одиннадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1500	0,7	0,81
Силикатного четырнадцатипустотного на цементно-песчаном растворе	1400	0,64	0,76
Материалы кровельные, гидроизоляционные			
Листы асбестоцементные плоские	1800	0,47	0,52
То же	1600	0,35	0,41
Битум	1400	0,27	0,27
То же	1200	0,22	0,22
То же	1000	0,17	0,17
Рубероид, пергамин, толь	600	0,17	0,17

1	2	3	4
Металлы			
Сталь	7850	58	58
Алюминий	2600	221	221

Конструкции стен

Сплошная кладка с внутренним утеплением

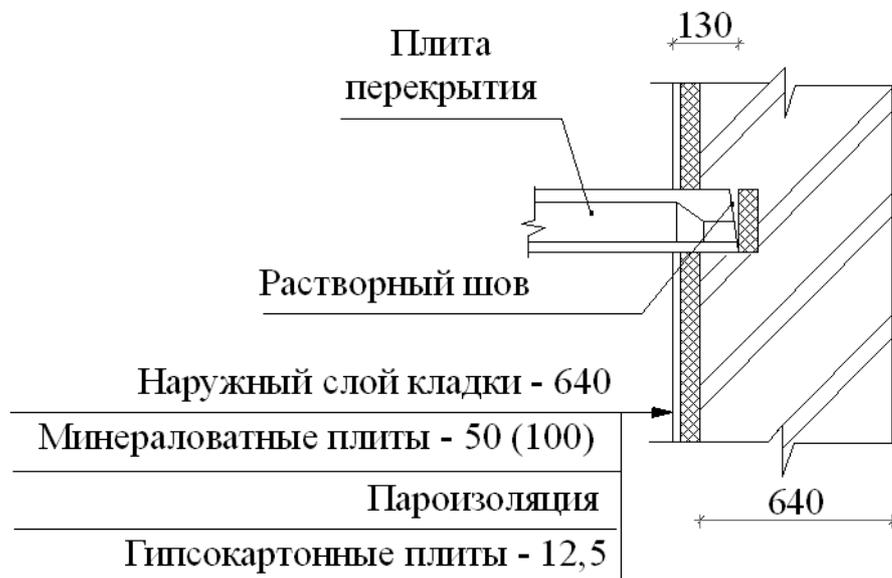


Рисунок 12.1. Теплоизоляция кирпичной стены минераловатными плитами

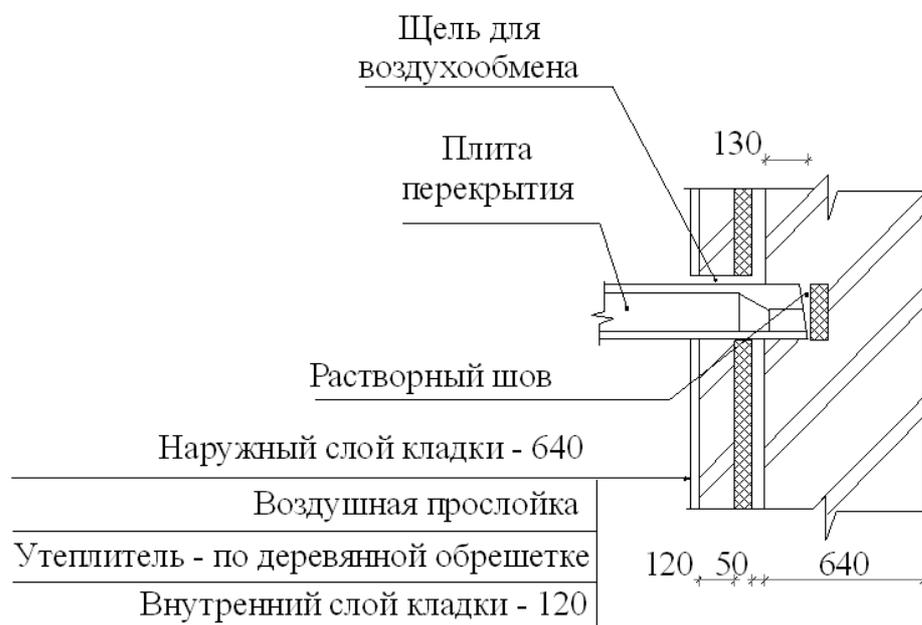


Рисунок 12.2. Теплоизоляция кирпичной стены с воздушной прослойкой

Сплошная кладка с наружным утеплением

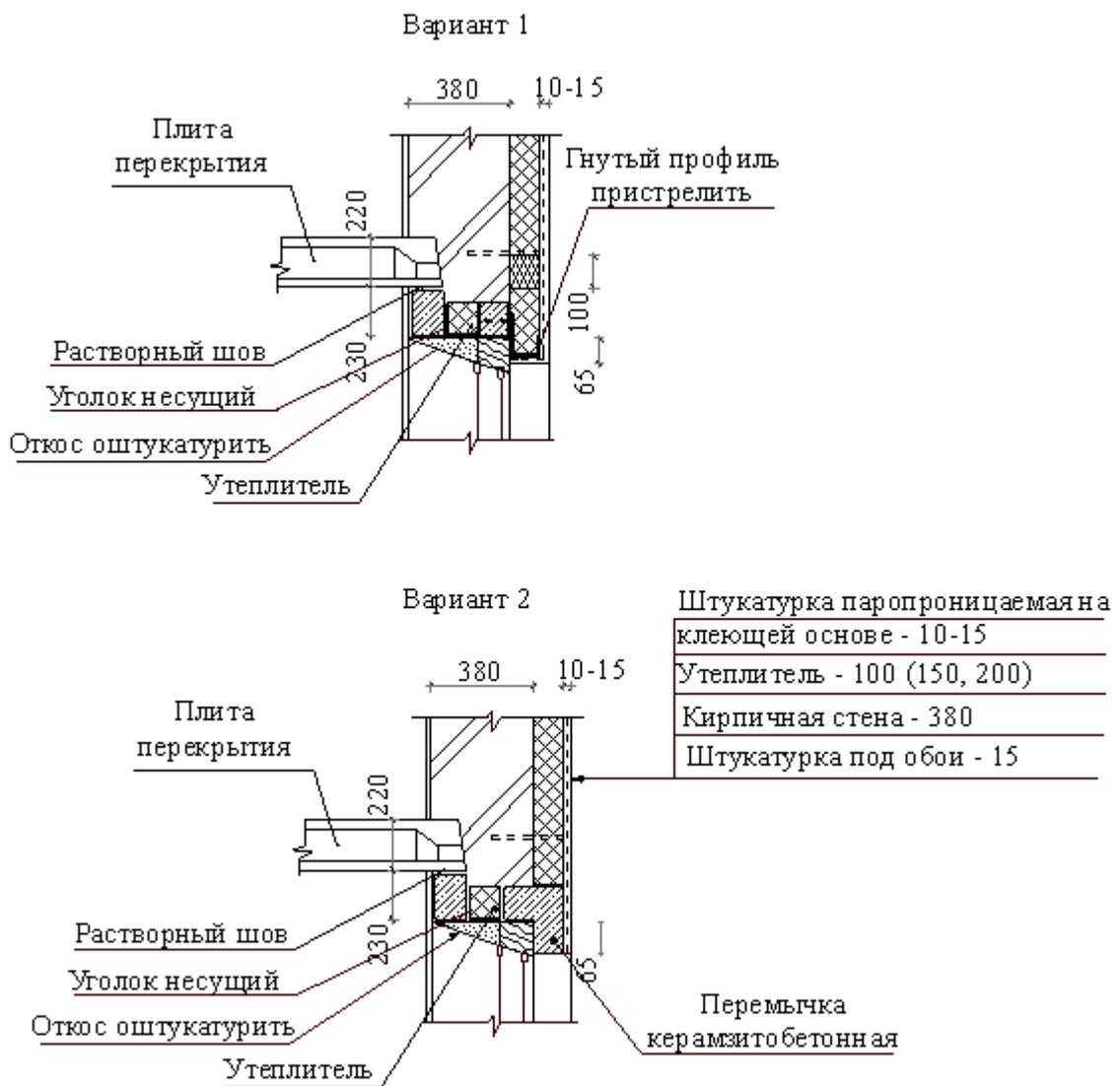


Рисунок 12.3. Теплоизоляция кирпичной стены с наружным утеплением

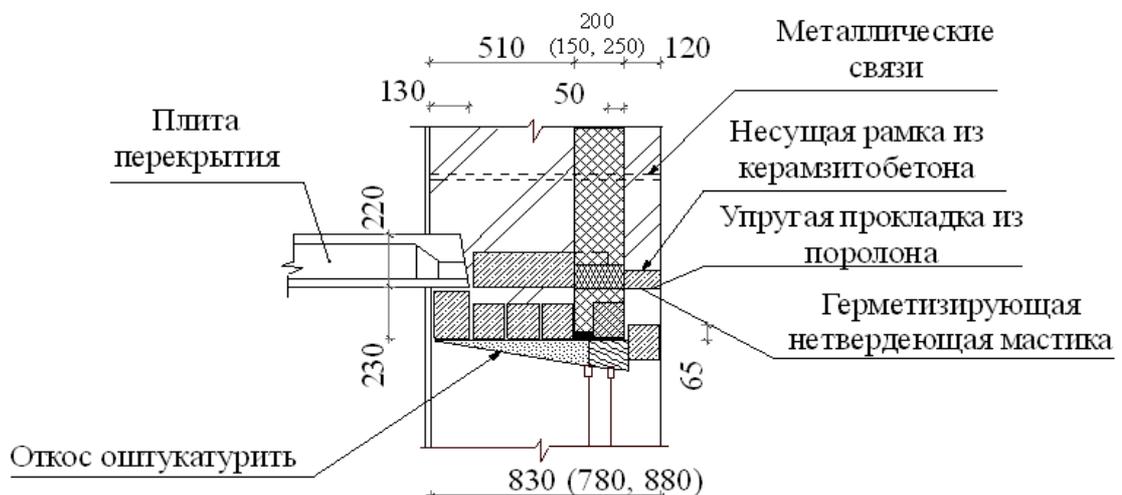


Рисунок 12.4. Теплоизоляция слоистой кладки

Стеновые панели

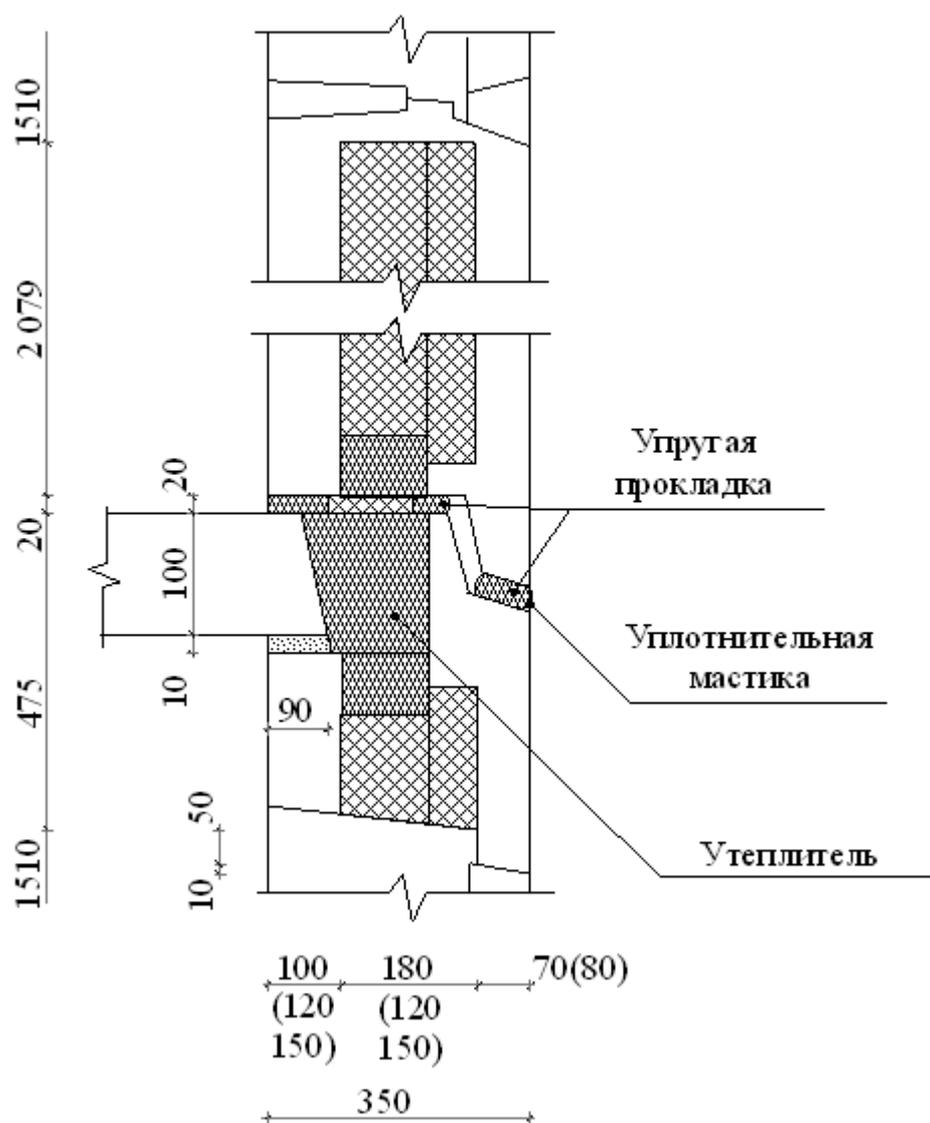


Рисунок 12.5. Теплоизоляция стеновой панели

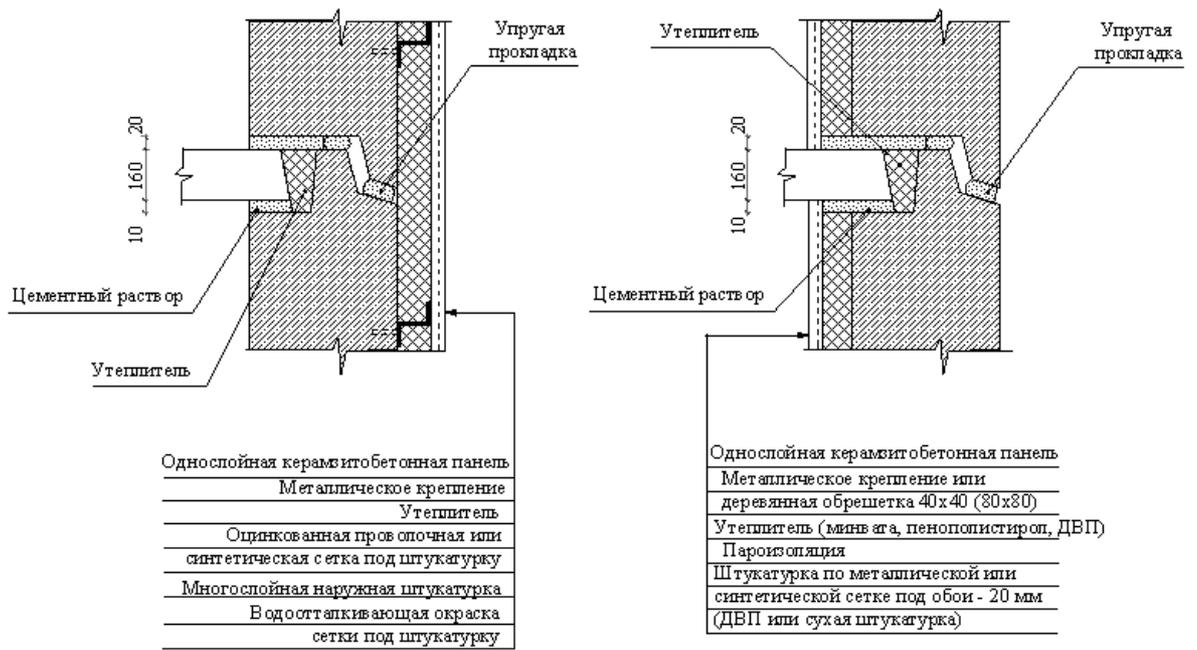


Рисунок 12.6. Утепление стен из однослойных панелей с наружной и внутренней стороны

Литература:

1. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – М. : ГУП ЦПП, 2003. - 70 с.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2004. – 25 с.
3. СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные. – М.: Госстрой России, 2005. - 20 с.

Содержание:

Введение.....	3
1. Порядок теплотехнического расчета ограждающих конструкций	4
2. Пример расчета наружной стены.....	8
2.1. Исходные данные для расчета	8
2.2. Теплотехнический расчет наружных стен	9
3. Приведенное сопротивление теплопередаче и толщина наружных стен жилых домов г. Тольятти.....	10
3.1. Требуемое приведенное сопротивление теплопередаче для наружных стен жилых домов в г. Тольятти	10
3.2. Наружные стены для домов средней этажности	10
4. Конструктивные схемы и эффективные теплоизоляционные материалы в панелях сборного железобетона	11
4.1. Стена из однослойных панелей.....	11
4.2. Стена из трехслойных панелей с эффективным утеплителем и жесткими связями между бетонными слоями	11
4.3. Стена из трехслойных панелей с эффективным утеплителем и гибкими связями между бетонными слоями	15
5. Конструктивные схемы и эффективные теплоизоляционные материалы в кирпичных стенах	15
5.1. Стена из эффективного кирпича	15
5.2. Слоистая кирпичная стена с утепляющим слоем из эффективного материала	17
5.3. Стена из газобетонных мелких блоков	18
5.4. Стена из газобетонных мелких блоков с утепляющим слоем из эффективного материала и слоем облицовочного кирпича	18
6. Стена из деревянного бруса с утепляющим слоем, облицованная вагонкой .	19
7. Стена из деревянного каркаса с утеплителем, облицованная снаружи	

вагонкой, изнутри оргалитом	20
8. Определение коэффициента теплопроводности стенового камня	21
8.1. Характеристика стенового камня	21
8.2. Определение приведенного сопротивления теплопередаче	21
8.3. Определение приведенного сопротивления теплопередаче по длине блока	24
8.4. Конструкция стен из блоков	26
8.5. Выводы	28
Приложения	30