

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ
ПРИ НОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ,
КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ**

Методическое указания
для самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2015

УДК 692.23:[536.2+539.217.3] (075.8)

ББК 38.42.:31.31.я73

П42

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – главный конструктор ОКП ОАО «Пенз-
гражданпроект» В.Б. Перминов

П42 **Повышение** тепловой защиты зданий при новом строительстве, реконструкции, капитальном ремонте и реконструкции: методические указания для самостоятельной работы / О.Л. Викторова, С.А. Холькин; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 47 с.

Направлены на самостоятельное овладение методикой по теплотехническому расчету, определению температуры в толще ограждающей конструкции и на внутренней поверхности, а также содержат рекомендации по проектированию наружных стен с различными вариантами утепления, конструктивное решение мансард и наружных стен, используемых при строительстве индивидуальных жилых домов.

Методические указания подготовлены на кафедре «Городское строительство и архитектура» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Гражданпроект» и предназначены для слушателей повышения квалификации по программе «Инновационное архитектурно-строительное проектирование».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015

© Викторова О.Л., Холькин С.А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимые знания о процессах, проходящих в ограждениях при теплопередаче, дают возможность проектировщику обеспечить требуемые теплотехнические качества наружных ограждающих конструкций.

Теплозащитные и санитарно-гигиенические качества наружных ограждающих конструкций зданий, а также степень их долговечности зависят в первую очередь от таких факторов, как температура наружного воздуха, его влажность, количество и характер выпадающих осадков, скорость и направление ветра, а также от взаимного сочетания суточных и сезонных изменений этих факторов. Например, в некоторых районах нашей страны возможно сочетание сильного мороза с сильным ветром, большого числа оттепелей в течение холодного периода года с колебаниями температуры. Климатический район строительства учитывается при определении теплофизических свойств ограждающих конструкций.

Основная задача строительной теплофизики – обоснование наиболее целесообразных в эксплуатации решений зданий и ограждающих конструкций, удовлетворяющих требованиям обеспечения в помещениях благоприятного микроклимата для деятельности или отдыха человека.

Методические указания разработаны с соблюдением норм по строительной теплофизике, согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», содержат методику теплотехнического расчета, пример расчета, рекомендации по проектированию наружных стен с различными вариантами утепления, конструктивное решение мансард и наружных стен, используемых при строительстве индивидуальных жилых домов.

1. ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ

Строительная теплотехника занимается изучением теплопередачи и воздухопроницания через ограждающие конструкции зданий, а также влажностного режима ограждающих конструкций связанного с процессами теплопередачи.

Знания теплотехники необходимы строителям для рационального проектирования ограждающих конструкций. От теплотехнических качеств наружных ограждений зависит: 1) количество тепла, теряемого зданием в зимний период; 2) постоянство температуры воздуха в здании во времени и, следовательно, состояние микроклимата помещения; 3) защита здания от перегрева в летнее время; 4) температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая от образования на ней конденсата; 5) влажностный режим ограждения, влияющий на теплозащитные качества ограждения и его долговечность.

Методы строительной теплофизики основаны на общей теории теплообменных и массообменных процессов в материальных системах.

Рационально запроектированные наружные ограждения конструкции должны удовлетворять следующим теплотехническим требованиям:

1. Обладать достаточными теплотехническими свойствами, предохраняя помещение от холодов в зимнее время и осенью, и защищать их от перегрева солнцем в летнее время.

2. При эксплуатации не иметь на внутренней поверхности слишком низкой температуры, во избежание образования на ней конденсата;

3. Воздухопроницаемость их не должна превосходить допустимого предела, выше которого воздухообмен будет охлаждать помещение;

4. Сохранять нормальный влажностный режим, учитывая, что увлажнённые ограждения ухудшают его теплозащитные свойства и недолговечны.

Строительными нормами установлены три показателя тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций зданий;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых, общественных зданиях и промышленных зданиях будут выполнены требования показателей «а» и «б».

Таким образом, ограждающая конструкция запроектирована верно, исходя из теплофизических требований, предъявляемых к конструкции, если выполняются условия:

1. Сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции должно быть больше приведенного сопротивления теплопередачи с учетом энергосбережения:

$$R_0 \geq R_{\text{рег}}$$

2. Расчетный температурный перепад между температурой на внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции не должен превышать нормируемого температурного перепада:

$$\Delta t_0 \leq \Delta t_n$$

Как можно повысить сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, чтобы она стала отвечать теплотехническим свойствам. Можно:

1. Увеличить толщину однослойной конструкции, но это неэффективно, так как приводит к увеличению нагрузок на основание здания;
2. Изменить конструктивное решение ограждающей конструкции, путем введения теплоизоляционного слоя.

Второй вариант изменения термического сопротивления является наиболее эффективным, так как не приведет значительного повышения нагрузок на основание здания. Но здесь возникает другой вопрос: как правильно выполнить утепление ограждающей конструкции.

Возможны три конструктивных решения утепления наружных стен:

- 1 – утепление изнутри;
- 2 – утепление в толще конструкции;
- 3 – утепление наружное.

Рассмотрим положительные и отрицательные стороны утепления наружных стен.

Первый вариант (утепление изнутри) применим только в особых случаях, когда при производстве реконструкции нельзя трогать фасадную часть здания. Повсеместно внутреннее утепление ограждающих конструкций запрещено, так как есть большая вероятность образования конденсата на границе слоев, что приведет к изменениям микроклимата в помещении (к образованию излишней влажности, грибковым процессам и разрушению материалов).

Второй вариант (утепление в толще или слоистая конструкция) может применяться при строительстве индивидуальных жилых домов, когда нагрузка воспринимаемая наружными стенами небольшая. При таком конструктивном решении стен особое внимание необходимо уделять влажностному состоянию ограждающей конструкции, а именно, образованию конденсата на границе слоев. В качестве внутреннего

несущего слоя стены необходимо использовать более плотный материал, тогда вероятность образования конденсата на границе с утеплителем будет снижена.

Третий вариант (утепление снаружи) наиболее часто применимый в практике строительства и проектирования высотных гражданских зданий. Из-за массивности основного конструктивного слоя и возможности естественной просушки наружного утепления вероятность образования конденсата на границе слоев ничтожно мала и не столь опасна как в предыдущих случаях.

2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Цель теплотехнического расчёта ограждающих конструкций – определение необходимой ее толщины, исходя из теплотехнических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям.

2.1. Определение термического сопротивления теплопередачи конструктивного слоя ограждающей конструкции

Ограждающая конструкция называется однородной, если выполнена из одного материала, и слоистой, если состоит из нескольких материалов, слои которых распространены параллельно внешним поверхностям ограждения.

При расчётах теплозащитных свойств ограждений удобно пользоваться величиной термического сопротивления, выражаемого через разность температур на одной и на другой поверхности ограждения, при которой тепловой поток (Q) одного метра квадратного ограждения равен 1 ккал/час, тогда термическое сопротивление однородного слоя определяется по формуле:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \left(\frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right); \quad (1)$$

В целях экономии материалов выгоднее применять те, у которых $\lambda <$ (меньше), при этом должны быть соблюдены условия необходимой прочности ограждения.

Термическое сопротивление слоистой конструкции равно сумме термических сопротивлений всех слоёв, т.е.

$$R_i = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad \text{или} \quad R_i = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}; \quad (2)$$

2.2. Определение общего сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

При передаче тепла через ограждающую конструкцию происходит падение температуры от t_{int} до t_{ext} . При этом общий температурный перепад ($t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}$) состоит из суммы трёх частных температурных периодов.

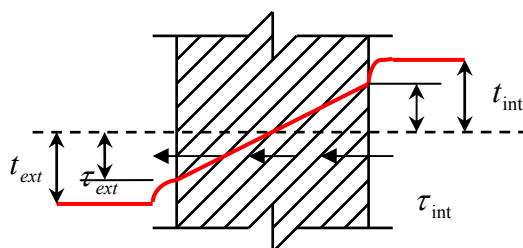


Рис. 2.1. Распределение температур в однородной конструкции при постоянном тепловом потоке

Температура внутренней поверхности $\tau_{\text{в}}$ ограждающей конструкции в холодный период более низка, чем температура воздуха помещения, т.е. имеет место температурный период ($t_{\text{int}} - \tau_{\text{int}}$). В пределах толщины ограждающей конструкции температурный перепад ($\tau_{\text{int}} - \tau_{\text{ext}}$). Температура наружной поверхности конструкции несколько выше температуры наружного воздуха и перепад у этой поверхности составляет ($\tau_{\text{ext}} - t_{\text{ext}}$).

Каждый из этих температурных перепадов вызван конкретным сопротивлением переносу тепла:

– перепад ($t_{\text{int}} - \tau_{\text{int}}$) – сопротивлением тепловосприятию или теплоотдаче внутренней поверхности конструкции R_{si} ;

– перепад ($\tau_{\text{ext}} - t_{\text{ext}}$) – сопротивлением теплоотдаче наружной поверхности конструкции R_{se} ;

Сопротивления тепловосприятию и теплоотдаче иногда называют сопротивлениями теплообмену $\left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{С}}{\text{Вт}} \right)$.

Таким образом, сопротивление потоку тепла может быть выражено перепадом температур (в °С), при котором через каждый квадратный метр в единицу времени проходит поток тепла равный единицы.

Общее **сопротивление ограждающей конструкции теплопередаче (R₀)** равно сумме всех отдельных сопротивлений, т.е.

$$R_0 = R_{si} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + R_{se} \left(\frac{\text{М}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}{\text{Вт}} \right); \quad (3)$$

Сопротивление тепловосприятию R_{int} зависит от размеров помещения, фактуры поверхности ограждения, скорости конвекционных потоков воздуха у поверхности, а также от величины перепада (t_{int} - τ_{int}).

Величина, обратная сопротивлению тепловосприятия, т.е. $\frac{1}{R_{si}} = \alpha_i$, называется **коэффициентом тепловосприятия** или коэффициентом теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Сопротивление теплоотдачи R_{se} зависит от высоты и этажности зданий, скорости ветра и условий лучистого теплообмена.

Величина обратная сопротивлению теплоотдачи, т.е. $\frac{1}{R_{se}} = \alpha_e$, называется **коэффициентом теплоотдачи**.

Для наружных ограждающих поверхностей стен, полов, потолков $\alpha_i = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}$, а $\alpha_e = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \text{ } ^\circ\text{С}}$

При установившемся (стационарном) потоке тепла, как входящий в ограждающую конструкцию поток тепла, так и проходящий через нее равны одной и той же величине Q. Поток тепла, проходящий через внутреннюю поверхность ограждения, может быть выражен как $\frac{t_{int} - \tau_{int}}{R_{si}}$,

тогда

$$\frac{t_{int} - \tau_{int}}{R_{si}} = \frac{t_{int} - t_{int}}{R_0}, \quad \left(\frac{\text{Вт}}{\text{М}^2 \text{ } ^\circ\text{С}} \right)$$

$$R_0 = \frac{t_{int} - t_{ext}}{t_{int} - \tau_{int}} R_{si} \quad (4)$$

Выражение (4) используется для определения необходимых теплозащитных качеств ограждающих конструкций и называется требуемым сопротивлением теплопередаче – R_{ред}. В качестве основного нормируемого параметра принимается температурный перепад (t_{int} - τ_{int}). Его величина зависит от назначения помещения и вида ограждающей

конструкции. Чем меньше нормируемая величина перепада ($t_{\text{int}} - \tau_{\text{int}}$), тем более высоким сопротивлением теплопередаче должна обладать ограждающая конструкция.

$$R_{\text{red}} = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{\Delta t_n} R_{\text{si}}, \quad (5)$$

где n – коэффициент, учитывающий вид ограждающей конструкции.

Тогда

$$t_0 = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{\alpha_i} \frac{1}{R_0} \leq t_n; \quad (6)$$

Сопротивление теплопередаче проектируемой ограждающей конструкции для производственных зданий с избытком теплоты и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, а также зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха 12°C следует принимать не менее значений R_{red} , рассчитываемых по формуле 13, или быть равной этой величине, т.е.

$$R_0 \geq R_{\text{red}} \quad (7)$$

Согласно СНиП [1], сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций следует принимать в соответствии с расчётом, но не менее нормируемых значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций определяемых исходя из условий энергосбережения (R_{reg}), т.е.

$$R_0 \geq R_{\text{reg}} \quad (8)$$

2.3. Определение приведенного сопротивления теплопередачи

Требуемое приведённое сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций зданий определяют по таблице 1, в зависимости от назначения здания, и вида ограждающих конструкций и градусосуток отопительного периода (D_d) ($^\circ\text{C}$ сут).

Значения R_{reg} для величин D_d отличающихся от табличных, следует определять по формуле:

$$R_{\text{reg}} = a D_d + b. \quad (9)$$

где a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий.

Градусосутки отопительного периода (D_d) следует определять по формуле

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}})Z_{\text{ht}}, \quad (10)$$

где $t_{\text{ht}}, Z_{\text{ht}}$ – средняя температура, °С, и продолжительность отопительного периода в сутках со средней температурой воздуха $\leq 8^\circ\text{C}$, принимаемые по СНиП [2].

2.4. Распределение температур в толще ограждающей конструкции

При установившемся потоке тепла распределение температур внутри ограждающей конструкции подчиняется определённым закономерностям, и значение температуры может быть легко вычислено для каждого сечения или слоя конструкции используя равенство:

$$\frac{t_{\text{int}} - \tau_{\text{int}}}{R_{\text{int}}} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0}; \quad (11)$$

Получим значение температуры ($^\circ\text{C}$) на внутренней поверхности ограждающей конструкции

$$\tau_{\text{int}} = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} R_{\text{int}}; \quad (12)$$

Аналогично из равенства потоков тепла, проходящих через произвольный слой

$$\frac{t_{\text{int}} - \tau_x}{R_i - R_x} = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0},$$

$$\tau_x = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} (R_{\text{int}} + R_x), \quad (13)$$

где R_x – термическое сопротивление слоя, граничащего с помещением и имеющего толщину x .

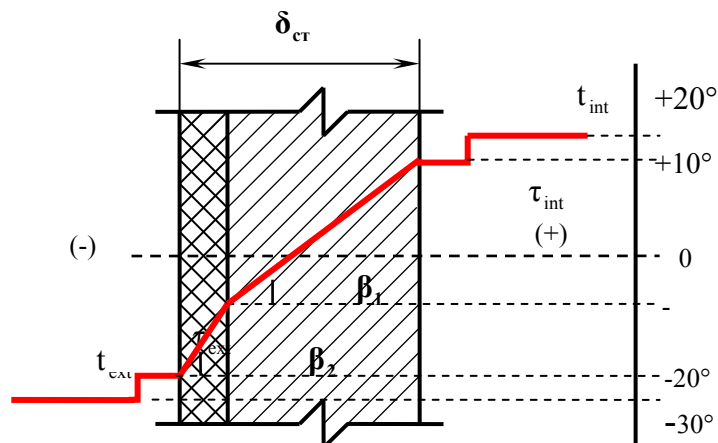


Рис. 2.2. График распределения температур в ограждении

В пределах каждого конструктивного слоя падение температуры происходит по линейному закону, но с различным наклоном линии падения температуры, в зависимости от коэффициента теплопроводности материала.

Если конструктивный слой выполнен из материала с малой теплопроводностью, линия падения температуры будет иметь больший угол наклона к горизонту β , если материал с большой теплопроводностью, угол β уменьшается.

Вопросы для самоконтроля

1. Теплотехнические требования, предъявляемые к ограждающим конструкциям.

2. Виды теплообмена.

3. Как направлен тепловой поток через наружную ограждающую конструкцию в зимнее время.

4. Что характеризует коэффициент теплопроводности материала и от чего зависит его величина.

5. Физический смысл термического сопротивления конструктивного слоя материала.

6. Какая зависимость существует между термическим сопротивлением материала какого либо конструктивного слоя ограждающей конструкции и величинами: коэффициентом теплопроводности материала слоя и толщиной конструктивного слоя.

7. Из каких сопротивлений теплопередачи складывается общее сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции.

8. Какое условие должно выполняться при теплотехническом расчете ограждающей конструкции.

9. По какому закону изменяется температура в толще наружной стены.

3. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЁТА НЕОДНОРОДНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. Особенности изменения значений сопротивления теплопередаче углового простенка

При установившихся условиях теплопередачи через однородную ограждающую конструкцию, температура в ограждающей изменяется только в одном направлении.

Реальные конструкции часто неоднородны в тепло физическом отношении, поскольку имеют углы, проёмы и стыки различных элементов. Распределение температур на неоднородных участках более сложно т.к. возможна передача тепла от одного сечения к другому. Тепло распределяется в двух направлениях X и Y, т.е. температура в углу ниже температуры поверхности участка стены от угла. Такое понижение температуры может вызывать отсыревание стен в углах. Предупредить это явление можно путём дополнительного утепления угла (стояк отопления).

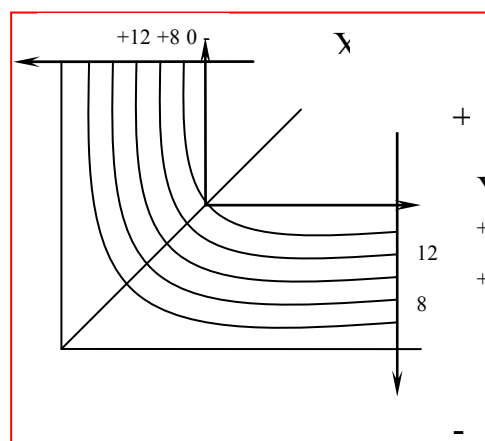


Рис. 3.1. Изолинии сопротивлений теплопередачи в угловом простенке

Причиной понижения температуры на внутренней поверхности наружных углов следующее:

1. Неравенство площадей тепловосприятия и теплоотдачи, вытекающее из геометрической формы угла.

2. Понижение температуры на внутренней поверхности имеет место на участках выполненных из более теплопроводных материалов. Оно допускается в помещениях с нормальной влажностью, во избежание конденсации влаги на переохлажденных участках ограждения.

3.2. Приближенный метод расчета неоднородных ограждающих конструкций

ТТР состоит в определении средней величины температурного сопротивления по значениям температурных сопротивлений отдельных участков ограждения.

Поскольку в неоднородной конструкции основное направление теплового потока искривляемое (из-за различной теплопроводности отдельных элементов) приходится определять сопротивление

теплопередачи в двух направлениях, 1) в направлении параллельном основному потоку; 2) в направлении перпендикулярном этому потоку.

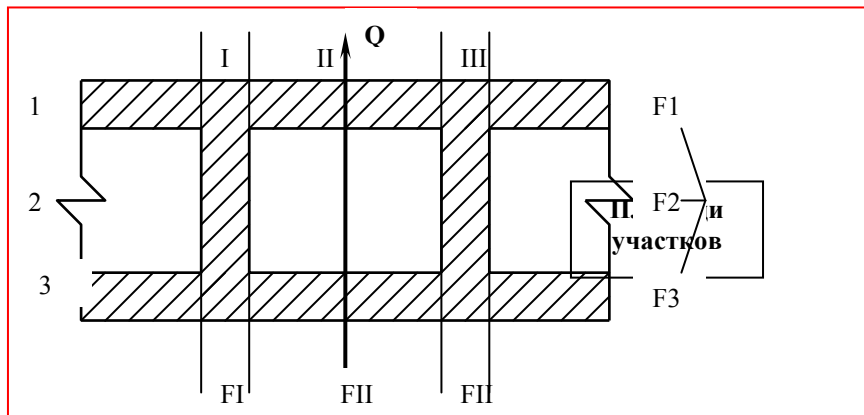


Рис.3.2. Расчётная схема неоднородной конструкции

Среднее значение термического сопротивления по первоначальному расчёту, т.е. в направлении параллельном потоку тепла будет:

$$R_{11} = \frac{F_I + F_{II} + F_{III}}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}} + \frac{F_{III}}{R_{III}}} ; \quad (14)$$

F_i – площади участков по поверхности ограждения.

Для второго расчёта ограждающие конструкция плоскостями перпендикулярными к потоку тепла, разрезается на отдельные слои. R_i однородных слоёв равно $R_i = \frac{\delta}{\lambda}$; а для неоднородных слоёв предварительно определяется λ_{cp} по формуле:

$$\lambda_{CP} = \frac{\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \lambda_3 F_3}{F_1 + F_2 + F_3} \left(\frac{BT}{M^{\circ}C} \right), \quad (15)$$

тогда $R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_{cp}}$, а $R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_{cp}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}$; R_{II} обычно $> R_{\perp}$

тогда

$$R_{расч} = \frac{R_{II} + R_{\perp}}{2} ; \quad (16)$$

$$R_0 = R_i + R_{расч} + R_e > R_{req}$$

Пример:

Определить сопротивление теплопередаче колодезной кладки, выполненной из кирпича глиняного обыкновенного, при заполнении пустот шлакобетоном $\rho = 1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

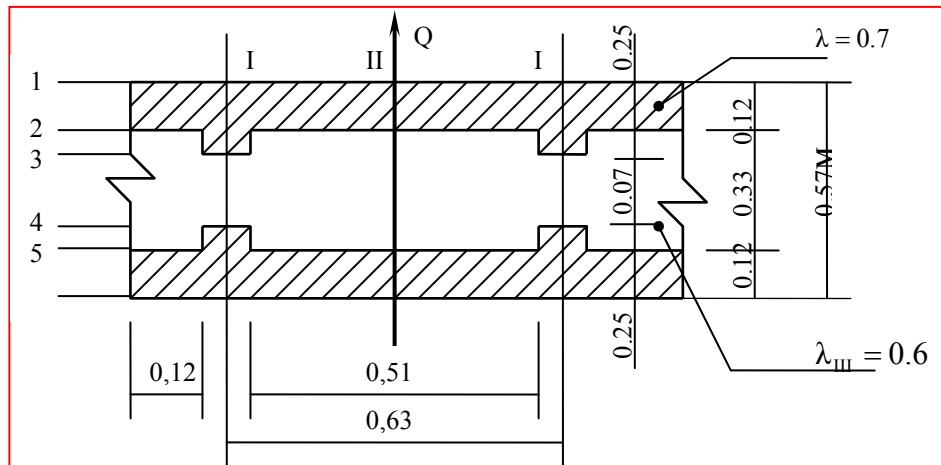


Рис. 3.3 Расчетное продольное сечение конструкции стены

1. Расчёт конструкции в направлении параллельно Q

$$F_I = 0.12 \cdot 1 \text{ м} = 0.12 \text{ м}^2 \text{ (размер по высоте)}$$

$$F_{II} = 0.51 \cdot 1 \text{ м} = 0.51 \text{ м}^2$$

$$R_I = \frac{0.25}{0.7} + \frac{0.07}{0.6} + \frac{0.25}{0.7} = 0.88 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right);$$

$$R_{II} = \frac{0.12}{0.7} + \frac{0.33}{0.6} + \frac{0.12}{0.7} = 0.89 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right);$$

$$R_{II} = \frac{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}}}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}}} = \frac{0.63}{\frac{0.12}{0.88} + \frac{0.51}{0.89}} = 0.89 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right).$$

2. Расчёт конструкции в направлении перпендикулярно Q

$$R_1 = R_5 = \frac{0.12}{0.7} = 0.15 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right);$$

$$R_2 = R_4; \quad \lambda_{\text{cp}} = \frac{\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{0.7 \cdot 0.12 + 0.6 \cdot 0.51}{0.12 + 0.51} = 0.63$$

$$R_2 = R_4 = \frac{0.13}{0.63} = 0.2 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right);$$

$$R_5 = \frac{0.07}{0.6} = 0.12 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right);$$

$$R_{\perp} = \sum R_i = 0.15 \cdot 2 + 0.2 \cdot 2 + 0.12 = 0.86 \left(\frac{\text{М}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} \right);$$

$$R_{\text{расч}} = \frac{0.89 + 0.86}{2} = 0.875 \left(\frac{\text{М}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} \right);$$

$$R_0 = R_i + \sum R + R_e = 0.133 + 2 \frac{0.015}{0.76} + 0.87 + 0.05 = 1.11 \left(\frac{\text{М}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} \right).$$

Для ограждений, в которых материал неоднороден как в параллельном, так и в перпендикулярном направлении к тепловому потоку, термическое сопротивление определяет как среднее значение.

Для этого ограждения разделяют сначала плоскостями параллельными тепловому потоку, и определяют по формуле (21):

$$R_{\parallel} = \frac{F_I + F_{II} + F_{III} + \dots}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}} + \frac{F_{III}}{R_{III}} + \dots}$$

$R_{I,II,III}$ – термическое сопротивление

$F_{I,II,III}$ – площади участков

Затем плоскостями перпендикулярные к направлению теплового потока ограждения разделяют на характерные слои.

$$\text{Действительное } R_0 = \frac{R_{\parallel} + 2R_{\perp}}{3}.$$

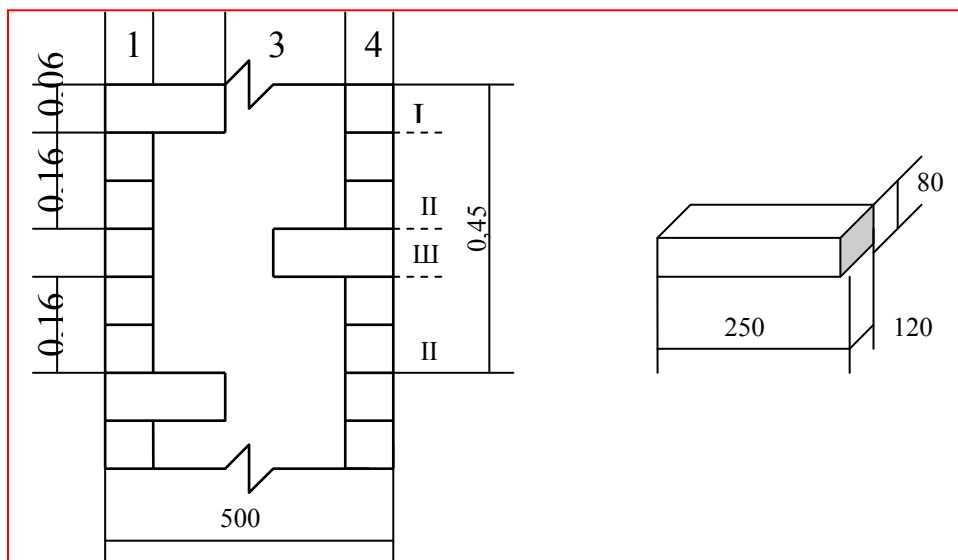


Рис. 3.4 Расчетное поперечное сечение конструкции стены

$$\lambda = 0.7$$

$$\lambda = 0.55$$

$$F_I = F_{II} = 0.65 \text{ м}^2 \quad R_I = R_{III} = \frac{0.25}{0.7} + \frac{0.13}{0.55} + \frac{0.12}{0.7} = 0.764$$

$$F_{II} = 0.16 \cdot 2 = 0.320 \text{ м}^2 \quad R_{II} = \frac{0.12}{0.7} \cdot 2 + \frac{0.26}{0.55} = 0.815$$

$$R_{II} = \frac{0.065 + 0.320 + 0.065}{\frac{0.065}{0.764} + \frac{0.320}{0.815} + \frac{0.065}{0.764}} = 0.82 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right)$$

Определяем R_0 – кирпично-бетонной стены шлакобетон с $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$.

Плоскостями перпендикулярно направлению теплового потока, разрезаем стену на 4 слоя.

$$R_1 = R_4 = \frac{0.12}{0.7} = 0.17 \text{ (кирпича)}$$

В слоях 2 и 3 площадь шлакобетона

$$R_{\text{шлак}} = \frac{0.13}{0.55} = 0.236; \quad F_1 = 0.450 - 0.065 = 0.385 \text{ м}^2$$

$$R_{\text{кл}} = \frac{0.13}{0.7} = 0.186 \quad \text{площадь кладки } F_2 = 0.065 \text{ м}^2$$

$$R_2 = R_3 \quad R_2 = \frac{F_1 + F_2}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2}} = \frac{0.450}{\frac{0.385}{0.236} + \frac{0.065}{0.186}} = 0.227 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right)$$

$$R_{\perp} = \sum R_i = (0.17 + 0.227) \cdot 2 = 0.797 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right)$$

$$R_0 = \frac{0.8 + 2 \cdot 0.797}{3} = 0.798 \left(\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \right)$$

Описанный метод расчёта неоднородных конструкций достаточен в том случае если понижение температуры на поверхности более теплопроводных участков конструкции не вызовет конденсации влаги, которая приведёт к увлажнению конструкции и потере необходимых теплозащитных качеств.

3.3. Теплоустойчивость ограждений

При ТТР предполагалось, что тепловой поток, проходящий через ограждение, является стационарным, т.е. его влияние не меняется во времени.

В действительности как наружная, так и внутренняя температуры испытывают колебания в течение суток.

Вследствие таких изменений температура воздуха к ограждениям необходимо предъявлять дополнительные теплотехнические требования помимо установившегося стандартного потока. Эти требования сводятся к тому, чтобы обеспечить **min** колебания **t** на внутренней поверхности ограждения во избежание образования конденсата.

Ограждения, которые обеспечивают меньшее колебание температуры на внутренней поверхности, называют более теплоустойчивыми.

Под теплоустойчивостью понимают свойство материала обеспечивать относительное постоянство температуры на внутренней поверхности при колебании величины теплового потока, проходящего через ограждение.

При проектировании наружных ограждений возводимых в южных районах, необходимо делать расчёт для летних условий с целью защиты помещения от перегрева. Особенно неблагоприятными в этом отношении являются здания с легкими ограждениями конструкциями, обладающие малой теплоустойчивостью.

Вопросы для самоконтроля

1. Причина понижения температуры на внутренней поверхности наружных углов ограждающей конструкции.
2. Какие необходимо предусмотреть мероприятия во избежание отсырения стен в углах.
3. В чем состоит особенность теплотехнического расчета неоднородных ограждающих конструкций.
4. Что такое теплоустойчивость ограждающих конструкций.

4. ВАРИАНТЫ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО УТЕПЛЕНИЮ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

4.1. Варианты утепления стен, применяемые в современной практике строительства

4.1.1. Некоторые особенности устройства теплоизоляции в наружных стенах

В практике устройства дополнительной теплозащиты стен существует два основных способа ее расположения: с наружной или внутренней стороны стены. Иногда встречается конструктивно-технологическое решение устройства теплозащиты зданий с расположением утеплителя с наружной и внутренней стороны стены одновременно.

Конкретный вариант расположения теплозащиты устанавливается на основе анализа всех возможных способов ее устройства с учетом их достоинств и недостатков.

Вариант с расположением теплоизоляционного материала на внутренней поверхности стены обладает следующими достоинствами:

- теплоизоляционный материал, как правило, не имеющий достаточной способности к сопротивлению воздействию м внешней среды, находится в благоприятных условиях и не требуется его дополнительная защита;
- производство работ по устройству теплозащиты может идти в любое время года независимо от способа крепления. При этом не требуется применение дорогостоящих средств подмащивания.

К недостаткам расположения теплозащиты со стороны помещения относятся:

- уменьшение площади помещения за счет увеличения толщины стены;
- необходимость устройства, с целью выпадения конденсата, дополнительной теплозащиты в местах опираний на стены плит перекрытий и в местах примыкания к наружным стенам внутренних стен и перегородок;
- необходимость защиты теплоизоляционного материала и стены от увлажнения путем устройства пароизоляционного слоя перед теплоизоляционным материалом;
- расположение хорошо аккумулирующего тепло материала стены в зоне низких температур, что в значительной мере снижает тепловую инерцию ограждения;
- необходимость отселения жильцов;

– сложность устройства теплоизоляции в местах расположения приборов отопления.

Вариант расположения теплозащиты с наружной стороны стены обладает существенными достоинствами. К ним относятся:

– создание защитной термооболочки, исключающей образование «мостиков холода»;

– исключение необходимости устройства пароизоляционного слоя;

– возможность защитить стыки крупнопанельных зданий от протечек;

– создание нового архитектурно-художественного облика здания;

– возможность одновременно с устройством теплоизоляции исправить дефекты стены;

– расположение хорошо аккумулируемого тепло материала в зоне положительных температур. Это повышает тепловую инерцию ограждения и способствует улучшению ее теплоизоляционных качеств при нестационарной теплопередаче;

– при устройстве теплоизоляции с наружной стороны стены не уменьшается площадь помещений.

Существенными недостатками этого варианта является необходимость устройства по теплоизоляции надежного защитного слоя, а также использование при выполнении работ дорогостоящих средств подмащивания.

Дополнительная теплозащита должна отвечать конструктивным, технологическим и эстетическим требованиям.

В первую очередь конструкция теплозащиты должна быть долговечной и надежной. Долговечность определяется сроком службы. Для ее достижения необходимо, чтобы защищающая конструкция была устойчивой к длительному воздействию температур, химически и биологически стойкой. При расположении теплозащиты с наружной стороны стены она должна быть морозостойкой. Для достижения надежности защищающих конструкций необходимо, чтобы они были огнестойкими, ограничивали или не допускали попадания влаги внутрь конструкции.

Для достижения технологических требований конструкция дополнительной теплозащиты должна быть: индустриальной (иметь высокий уровень заводской готовности) транспортабельной; простой в монтаже; ремонтпригодной (возможность замены элементов теплоизоляции без больших затрат времени и рабочей силы).

Теплозащита стен здания будет удовлетворять эстетическим требованиям, если она вписывается в окружающую застройку, интерьер и имеет архитектурно-художественную выразительность.

4.1.2. Обоснование принятого материала утеплителя

В строительной практике применяются разнообразные теплоизоляционные материалы к основным из них относятся: легкие бетоны (керамзитобетон, перлитобетон, шлакобетон, пенобетон); «теплые растворы» (цементно-перлитовый, гипсоперлитовый, поризованный); изделия из дерева; минераловатные и стекловолоконистые материалы, полимерные материалы (пенополистирол, пенопласт, пенополиуретан, перлитопластбетон), а также другие композиционные материалы и изделия. Использование конкретного материала для теплозащиты стен зависит от целого ряда факторов, определяющими из которых являются: долговечность, требуемая толщина слоя теплоизоляции; возможное место расположения материала на стене, масса теплоизоляционной конструкции; трудоемкость устройства, возможность поставки материала на стройплощадку.

В настоящее время наиболее эффективными при устройстве дополнительной теплоизоляции являются полимерные материалы и изделия из минеральной ваты. При устройстве теплоизоляции из этих материалов, масса всех конструкций теплозащиты будет наименьшей. В последнее время появились зарубежные высококачественные теплоизоляционные материалы. Например, немецкая фирма «KNAUF» предлагает широкий выбор пенопластов, пенополистиролов; концерны «ISOVER» и «AHLSTROM» предлагают широкий выбор минераловатных плит, датская фирма «ROCKWOOL» – теплоизоляционную вату на каменной основе.

Выбор конкретного теплоизоляционного материала производится с учетом многих факторов, основными из которых являются отпускная стоимость, эксплуатационная стоимость и трудоемкость монтажа. Установлено, что для теплоизоляционных материалов наблюдается тенденция увеличения стоимости квадратного метра утепляемой стены с увеличением плотности и прочности теплоизоляционного материала. Использование теплоизоляционных материалов имеющих наибольшие прочностные характеристики приводят к увеличению срока службы теплозащиты.

Одним из важных показателей при выборе теплоизоляционного материала являются его противопожарные свойства. Известно, что новое поколение пенополистиролов и пенополиуретанов относится к самозатухающим материалам, но их применение ограничивается тем, что максимальная температура, которой они могут подвергаться в течение нескольких минут, равна 95°C , после чего они теряют свои эксплуатационные качества. В связи с этим при утеплении стен листами из пенополистирола, расположенными с наружной стороны стены, вокруг окон необходимо монтировать ряд листов из минераловатных плит, так как она относятся к трудностгораемым материалам. Это делается для защиты пенополистирола от открытого пламени, которое может вырваться во

время пожара из окон. В качестве теплоизоляционного материала иногда используют пенополиуретан. Поэтому необходимо отметить, что данный материал имеет закрыто-ячеистую структуру и эффективное его использование возможно только с внутренней стороны стены (в данном случае пароизоляция не нужна). При размещении пенополиуретана с наружной стороны во время эксплуатации в утепляемой стене будет накапливаться влага, которая не сможет удаляться, это повлечет за собой ухудшение эксплуатационных качеств стены и быстрое ее разрушение.

Из вышеуказанного следует, что для **утепления стен наиболее целесообразно применять теплоизоляционные плиты из пенополистирола, минеральной ваты и стекловолокна.** Толщина утеплителя определяется расчетом, но в среднем по стране она колеблется от 50 до 150 мм. Защитно-декоративный слой может выполняться в виде послойного нанесения цементных, полимерных составов или клеевого крепления облицовочных панелей из природного камня, бетона, полимеров, дерева.

4.1.3 Технические решения теплозащиты здания

Технические решения теплозащиты в целом могут быть классифицированы по трем основным признакам: по месту размещения, по виду материала утеплителя, по виду материала защитного слоя. В свою очередь, устройство утеплителя может осуществляться с воздушной прослойкой и без нее.

Толщина дополнительного теплоизоляционного слоя определяется теплотехническим расчетом. При устройстве дополнительной теплоизоляции наружных стен эффективными теплоизоляционными материалами необходимо выполнять проверку конструкции стены на воздухо- и паропроницаемость, во избежание образования конденсата на границе конструктивных слоев. Расчеты на тепло, пар и воздухопроницаемость выполнены с применением расчетной программы на ЭВМ.

4.2 Утепление стен зданий с использованием материалов Ceresit

4.2.1 Общая характеристика утепления стен марки Ceresit

Правильное утепление наружных стен позволяет уменьшить затраты на отопление зданий примерно на 30-%.

Фирма HENKEL BAUTECHNIK, изготовитель материалов химической торговой марки Ceresit, предлагает системы VWS и WM для утепления наружных стен зданий. Они включают:

– монтаж на стенах плит теплоизоляционного материала (полимерного или минерального), с использованием специальных клеевых растворов;

- нанесение поверх утеплителя защитного слоя, армированного сеткой из щелочестойкого стекловолокна, из тех же самых клеевых растворов;
- декоративную отделку фасада тонкослойными штукатурными покрытиями или красками.

Система VWS применяется при утеплении наружных стен с использованием плит из пенополистирола в качестве утеплителя, а система WM – плит из минерального утеплителя.

В утепленных в соответствии с системами Ceresit зданиях формируется новый микроклимат. Зимой поверхность стен не промораживается, а летом в жаркие дни теплоизоляция обеспечивает приятную прохладу во внутренних помещениях. Конструктивные элементы утепленных зданий не подвергаются значительным перепадам температур. Слой теплоизоляции маскирует имеющиеся на поверхности стен возможные неровности и трещины. Декоративная тонкослойная штукатурка защищает слой теплоизоляции от агрессивного атмосферного воздействия и придает фасадам зданий приятный эстетический вид в соответствии с желанием заказчика.

Все материалы Ceresit, используемые для утепления зданий по легкомокрому методу, паропроницаемы и устойчивы к атмосферному воздействию. Они технологичны, легки в работе и имеют прекрасную адгезию к теплоизоляционным плитам и минеральным основаниям, таким как бетон, цементная и цементно-известковая штукатурки, кадки из кирпичей и керамических пустотных блоков.

Декоративные тонкослойные штукатурки имеют в своем составе гидрофобизаторы. Это придает им водоотталкивающие свойства и, поэтому они не намокают от атмосферных осадков и являются морозостойкими. Штукатурки технологичны и легки в работе.

Материалы Ceresit могут применяться при температуре основания и окружающей среды от +5 до +30⁰С. На строительной площадке растворы из них готовят путем затворения сухих смесей чистой холодной водой, взятой в определенной пропорции.

В качестве теплоизоляционного материала широко используют плиты из минеральной плиты, стекловолокна, пенополистирола и напыляемого пенополиуретана. Плотность этих материалов колеблется в пределах от 200 до 15 кг/м³, а коэффициент теплопроводности от 0,08 до 0,026 Вт/(м⁰С).

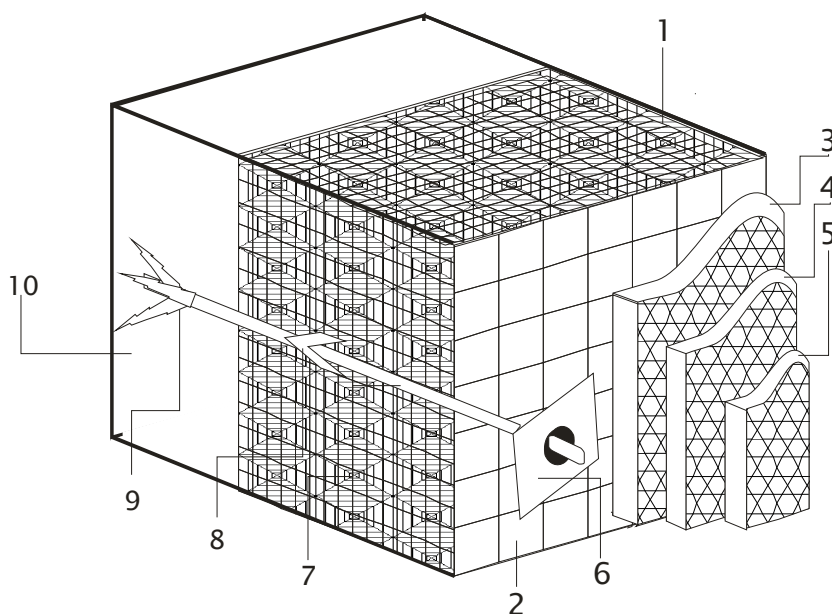


Рис. 4.1. Схема утепления наружной стены с применением дюпелей

4.2.2. Материалы марки Ceresit

Плиты из пенополистирола

Плиты должны быть самогасящиеся, предварительно выдержаны на складе 8 недель, иметь плотность $15-20 \text{ кг/м}^3$, линейные размеры не более $60 \times 120 \text{ см}$ и толщину от 3 до 10 см.

Пенополистирол не намокает и под влиянием влаги не теряет своих изоляционных свойств. Он имеет более высокую механическую прочность и примерно в 10 раз легче. Поэтому во многих случаях для крепления пенополистирола к фасадам нет необходимости механического крепления плит утеплителя при помощи анкеров. В тоже время для крепления плит минерального утеплителя к фасадам дополнительное крепление анкерами является необходимым. Пенополистирольные плиты примерно в два раза дешевле. Их монтаж значительно проще, чем минеральных, и это обуславливает более низкие (на 20-30%) трудозатраты при работе с ним. Система утепления с пенополистирольным утеплителем (Ceresit VWS) чаще всего используется для термореновации существующей застройки. В определенных условиях допускается применение пенополистирола для утепления жилых домов высотой выше 25 м над уровнем земли).

Плиты из минерального утеплителя

Плиты должны быть гидрофобизированы и иметь плотность 120 кг/м^3 , площадь не более $0,5 \text{ м}^2$ и толщину от 2 до 10 см.

Минеральный утеплитель устойчив к высоким температурам и воздействиям химикатов, имеет более высокие свойства по паропроницаемости и звукоизоляции. Поэтому система с минеральным утеплителем

(Ceresit WM) рекомендуется для объектов с высокой влажностью (кухни предприятий общественного питания, автомобильные моечные, бани, бассейны) и повышенными требованиями по пожарной безопасности (больницы, школы, зрелищные залы, части зданий, расположенные выше 25м над уровнем земли).

Сетка из стекловолокна

Сетка должна быть обработана щелочестойкой массой и иметь газейное плетение.

Крепежные элементы

Крепежные элементы должны быть изготовлены из пластмассы, причем для крепления минеральных плит используются только дюпели с металлическим стержнем. Глубина заделки дюпеля в конструкционный слой стены должна быть не менее 6 см.

Декоративная отделка фасадов

По природе вяжущего материала штукатурки делятся на минеральные, содержащие цементы с различным содержанием полимерных модификаторов, и чисто полимерные.

В системе Ceresit WM применяются только штукатурки на основе минеральных вяжущих, что обусловлено необходимостью сохранения положительных свойств минерального утеплителя, а именно большой огнестойкости и высокой паропроницаемости.

В системе Ceresit VWS применяются штукатурки как на основе минерального, так и полимерного вяжущего.

Полимерные штукатурки более деформативны, чем минеральные и им легче придать требуемую фактуру поверхности. Они имеют широкую гамму цветов, начиная от белого и заканчивая весьма интенсивными расцветками, что позволяет воплотить в жизнь яркие дизайнерские решения.

Минеральные же штукатурки выпускаются белого цвета и лишь некоторые в пастельных тонах. Минеральные штукатурки в два, три раза дешевле полимерных и не подвержены процессам старения.

4.2.3 Технология устройства утепления

1. Подготовка основания и оценка его несущей способности

Вначале следует оценить качество существующего основания. Глухой "бубнящий" звук при обстукивании основания молотком означает, что в данном месте штукатурка отслоилась от основания и ее следует удалить. Поверхностные царапины и трещины на штукатурках, имеющие хорошую адгезию к основанию, не требуют ремонта.

Участки стен на северных фасадах в местах, увлажняемых атмосферными осадками в результате, например, повреждения кровли, могут стать местом бурного развития плесени. Такие места следует очистить щетками и обработать специальными составами.

При утеплении наружных оконных и дверных проемов рекомендуется сбить штукатурку с откосов. И на ее месте разместить теплоизоляционный материал толщиной 2-3 см. Это делается для исключения местного выхолаживания стен и увлажнения внутренних проемов конденсатом влаги, осаждающейся на холодной поверхности.

Места, на которых штукатурка была удалена, следует заполнить раствором, при этом соотношение цемента и песка нужно брать 1:3. В проемах, где была удалена штукатурка, теплоизоляционный материал крепят непосредственно к стене. При работе необходимо демонтировать существующие водосливные элементы.

Существующие основания необходимо тщательно очистить от пыли и разного рода загрязнений. Для этого надо сначала обмести их от пыли, а затем промыть их водой под давлением. С особой тщательностью следует очищать старые, неоштукатуренные кирпичные стены. Перед монтажом теплоизоляционных плит основания должны полностью высохнуть. Системы VWS и WM это не только утепление, но и декоративное украшение и исправление дефектов поверхностей фасадов. Плиты теплоизоляции скроют поверхностные трещины и существующую кривизну поверхностей. Неровности глубиной до 2 см можно выправить нанесением слоя клеевого раствора. При большой кривизне на одном фасаде используют плиты утеплителя различной толщины.

2. Монтаж теплоизоляционного материала

Перед началом монтажа плит утеплителя устанавливают цокольные профили. Их крепят к стенам с помощью дюпелей на высоте не менее чем на 30 см выше уровня окружающей территории. Если утепляемое здание имеет подвал, то профили крепят ниже уровня подвала.

Готовят клеевой состав и наносят его по периметру плиты утеплителя полосой 3-4 см (на расстоянии около 6 см от края) и несколько лепешек диаметром около 8 см кладут в центральной части. Количество раствора выбирают так, чтобы после прижатия плиты, площадь контакта составляла не менее 40% от ее площади.

Плиты утеплителя крепятся с перевязкой вертикальных швов, плотно одна к другой и снизу в вверх от цокольного профиля до карнизов. Щели между установленными плитами размером более двух мм следует заполнить вспенивающимся материалом. Материал вводят не глубоко между плитами, а не под них. Избыток пены срезают ножом. Приблизительно через 3 дня после крепления пенополистирольных плит их поверхность грубой наждачной бумагой. При недостаточной несущей способности крепления плит утеплителя к основанию, плиты (помимо клея) крепят дюбелями. В системе WM применение дюбелей с металлическими стержнями в количестве 8 шт/м² обязательно. Головки дюбелей не должны выступать из плоскости плит и должны быть

зашпаклеваны клеем. Перед устройством защитного слоя с поверхности минеральных плит следует смести волокна утеплителя.

3. Нанесение защитного слоя, армированного сеткой из стекловолокна

Все углы проемов на утепляемом фасаде усиливают, наклеивая наклонные полосы из стеклосетки с размерами не менее 35 20 см. Эти полосы предотвращают возникновение наклонных трещин в углах в процессе эксплуатации. Сетка наклеивается тем же раствором, который был использован для крепления плит. Для защиты углов и цокольной части утепленного фасада от механических повреждений, их дополнительно усиливают. Для этого в углы, в первый слой раствора вклеивают уголок из перфорированного алюминиевого листа и на него клеят сетку на высоту не менее 2м с выпуском на прилегающую стену не менее 15 см.. После отверждения раствора в клееных уголках наносят основной защитный слой. Для этого вертикальной полосой шириной около 1м, от верха здания накладывают стальным полутерком клеевой раствор слоем толщиной около 2 мм. К свежему слою раствора сверху вниз прикладывают сетку и с помощью полутерка вжимают в раствор: сначала посередине ширины сетки, а затем по диагонали к ее краям. Затем наносят второй слой того же раствора для полного прикрытия сетки, причем его поверхность необходимо тщательно выровнять и заглаживать. Суммарная толщина полученного защитного армированного слоя должна составлять 3-5мм. На больших по площади плоскостях соседние полосы сетки следует укладывать с нахлестом от 5 до 10 см, при этом сохраняя описанную выше очередность выполнения работ. На следующий день после нанесения защитного слоя, его поверхность, пока еще не очень прочная, выравнивают. Затвердевший и высохший слой покрывают с помощью кисти грунтовкой.

Декоративное оформление утепленного фасада

Через 3 дня после изготовления защитного слоя можно наносить штукатурное покрытие. Для получения однородной фактуры поверхности готового покрытия, штукатурный раствор равномерно распределяют на загрунтованном основании металлическим полутерком слоем одинаковой толщины и равным размером зерна. При работе нельзя пользоваться ржавяющими инструментами и емкостями, а также наносить раствор на нагретые солнцем поверхности.

Фактуру поверхности структурным штукатуркам придают сразу после нанесения при помощи мастерка, шпателя, терки, влажной кисти или иных инструментов. Поверхность штукатурки легче всего фактурировать валиком из твердой пористой губки. В этом случае можно поверхности придать фактуру "шуба". Возможностей достижения различных художественных эффектов при использовании структурных штукатурок бесконечно много. Одной из них также является прижатие и отрыв

полутерка. Чем более толстым слоем была нанесена штукатурка, тем более объемной получается "шуба". Структурные штукатурки также можно наносить набрызгом сжатым воздухом. В этом случае штукатурное покрытие наносят за два прохода, при этом необходимо окна, двери и элементы кровли тщательно закрыть пленкой.

4.3 Проектирование вентилируемых фасадов

Для уменьшения неоправданно большого эксплуатационного энергопотребления зданий в России введены нормативы по теплозащите зданий, которые предусматривают снижение энергопотребления на 20–40% путем увеличения сопротивления теплопередаче стеновых конструкций и сокращения теплопотерь различных конструктивных элементов.

Повышение теплозащитных качеств стеновых ограждающих конструкций заключается в увеличении их сопротивления теплопередаче до нормативных значений, действующих в настоящее время. Это достигается утеплением стен теплоизоляционными материалами, которые должны защищаться от наружных воздействий защитно-декоративным слоем, способным при необходимости сохранить или улучшить архитектурно-художественный облик здания или помещения.

Дополнительная теплозащита должна отвечать конструктивным, технологическим и эстетическим требованиям. В первую очередь конструкция теплозащиты должна быть долговечной и надежной. Долговечность определяется сроком службы. Для ее достижения необходимо, чтобы защищающая конструкция была устойчивой к длительному воздействию температур, химически и биологически стойкой. При расположении теплозащиты с наружной стороны стены она должна быть морозостойкой. Для достижения надежности защищающих конструкций необходимо, чтобы они были огнестойкими, ограничивали или не допускали попадания влаги внутрь конструкции. Теплозащита стен здания будет удовлетворять эстетическим требованиям, если она вписывается в окружающую застройку, интерьер и имеет архитектурно-художественную выразительность. Технические решения теплозащиты в целом могут быть классифицированы по трем основным признакам: по месту размещения, по виду материала утеплителя, по виду материала защитного слоя. В свою очередь, устройство утеплителя может осуществляться с воздушной прослойкой.

Высоко эффективными по своим строительно-физическим показателям являются **навесные вентилируемые фасады**, которые можно проектировать при реконструкции старой застройки города. Многообразие отделочного слоя позволит придать зданию своеобразный и неповторимый облик.

Внешняя облицовочная оболочка (1) выполняет декоративную роль и защищает от осадков и механических воздействий. Имеющаяся влага в массиве здания и внутри помещений выводится в вентилируемую зону. Таким образом, минимизируются потери тепла в утеплителе. **Утеплитель (2)** перекрывает неудовлетворительные швы строения и обеспечивает сохранение тепла непрерывно по всей площади фасадов. Летом тепловая защита при помощи вентиляции предохраняет стены от термической нагрузки и обеспечивает комфорт внутри помещения. Толщина и тип утеплителя определяется согласно требованиям по сохранению тепловой энергии. Для крепления облицовочных элементов на наружной поверхности стены здания устанавливаются **специальные системы навески (3)** (подоблицовочные конструкции). Тип конструкции и схема крепления выбираются нашими специалистами в зависимости от типа облицовочной панели, величины нагрузок (нагрузка собственного веса, ветра, снега), конструктивных и температурных деформаций и прочих факторов. Подоблицовочные конструкции могут выравнять размерные отклонения и неровности на стенах и перекрывать трещины. **Воздушная прослойка (4)** обеспечивает вентиляцию, препятствуя скоплению тепла и влаги, позволяет стекать проникшим на тыльную сторону облицовки атмосферным осадкам.

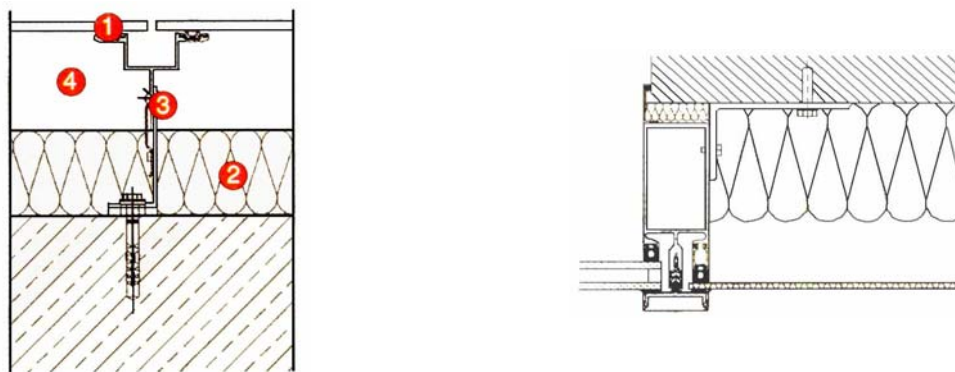


Рис.4.2. Устройство вентилируемых фасадов фирмой «Техноком»

Утеплитель при этом остается сухим. Для облицовки применяются следующие материалы: керамика (возможны различные цветовые и фактурные варианты), размеры модуля - 90 x 120 мм, пожаростойкая, морозо- и атмосферостойкая; алюминиевые панели различного цвета могут быть криволинейной формы; многослойные прессованные под высоким давлением композиционные листы, плакированные алюминиевые листы; фибровый бетон, натуральный камень (гранит, мрамор) и т.п.

Вентилируемые фасады прекрасно сопрягаются с кровлей, цоколем, окнами и витражами через специальные типовые узлы.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА

- **Термоизоляция.** Излишнему накоплению тепла внутри здания препятствует совместное применение специальной профильной системы для навесных фасадов и теплоизолятора, обеспечивающих естественную вентиляцию фасада. Тем самым достигается комфортный микроклимат в помещении без применения дополнительных дорогостоящих систем кондиционирования

- **Теплоизоляция.** Наличие утеплителя, защищенного от воздействия осадков и, главным образом, от возникновения конденсата, значительно снижающего теплосберегающие свойства утеплителя, благодаря профильной системе вентилируемых фасадов позволяет в большой степени сократить расходы энергии на отопление, а также снизить толщину несущих стен, уменьшая нагрузку на фундаменты. В вентилируемых фасадах влажностный баланс и теплоизоляция обеспечиваются как в летнюю, так и в зимнюю погоду, а также при неблагоприятных условиях строительства. Теплоизоляция гарантируется в соответствии с требованиями современных стандартов. Сухие строительные материалы, используемые в вентилируемых фасадах, обеспечивают получение необходимых значений для определения точки росы и вычисления необходимых значений толщины слоев теплоизоляции. Благодаря двойному сопротивлению теплопередаче достигаются особо благоприятные значения теплоизоляции. Наружный слой теплоизоляции обеспечивает оптимальное накопление тепла в несущих строительных деталях.

- **Защита от осадков.** Конструкция основного несущего профиля спроектирована таким образом, что вся попадающая на поверхность фасада влага удаляется в дренаж, исключая контакт с утеплителем и стеной здания.

- **Диффузия водяных паров.** Водяные пары, возникающие в стенах здания, в процессе его эксплуатации, удаляются методом естественной вентиляции, предусмотренной системой навесных фасадов, тем самым, существенно улучшая теплоизоляционные свойства стен, обеспечивая комфортный температурный режим внутри здания.

- **Термические деформации.** Благодаря специально разработанной схеме монтажа и креплению к стене профильная система навесных фасадов имеет возможность поглощения термических деформаций, возникающих при суточных и сезонных перепадах температур. Это помогает избежать внутренних напряжений в материале облицовки и несущей конструкции.

- **Пожарная безопасность.** Системы навесных фасадов включают в

себя материалы и изделия, относящиеся к категории трудногорюемых или негорюемых, препятствующих распространению огня.

- **Звукоизоляция.** Совместное применение навесного фасада и теплоизолятора является отличной звукоизоляцией, поскольку фасадные панели и теплоизолятор имеют звукопоглощающие свойства в широком диапазоне частот (например, звукоизоляция стены из легкого бетона повышается в 2 раза при устройстве навесного фасада с применением панелей).

- **Применяемые материалы, размеры.** В качестве теплоизоляционного материала широко используют плиты из минеральной ваты, стекловолокна, пенополистирола и напыляемого пенополиуретана. Плотность этих материалов колеблется в пределах от 200 до 150 кг/м³, а коэффициент теплопроводности от 0,08 до 0,026 Вт/(м °С).

Профильная система навесных вентилируемых фасадов позволяет использовать для облицовки стен зданий различные панели или листовые материалы. Размеры и формы панелей могут быть различными, в зависимости от требований, предъявляемых к фасаду.

- Вентилируемые фасады с панелями обеспечивают в качестве второго слоя достаточную прочность в качестве защитной оболочки.

- Вентилируемый фасад с панелями гарантирует оптимальную защиту от воздействия атмосферных осадков на стены здания.

- Несущая наружная стена обычно не требует никакой специальной подготовки для установки на ней вентилируемых конструкций. Кроме того, на вентилируемый фасад нет необходимости наносить штукатурку.

- Важная особенность вентилируемых фасадов состоит в том, что они позволяют скрыть дефекты установки плит с несоблюдением установленных допусков.

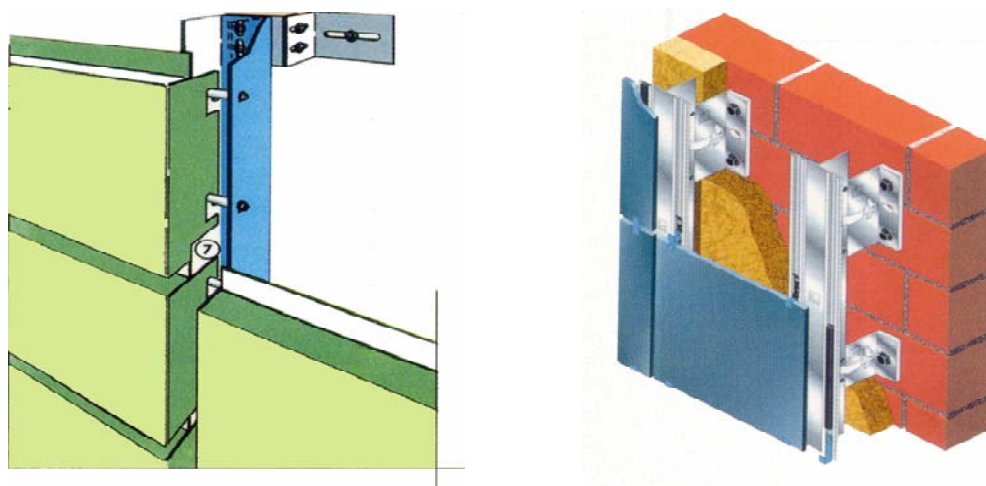


Рис. 4.3. Фрагменты вентилируемых фасадов

- При реставрации старых зданий, для которых типично перемещение влаги изнутри наружу, использование вентилируемых фасадов исключает необходимость нанесения штукатурки.

- Вентилируемые фасады с панелями или листовыми материалами можно легко ремонтировать, быстро и просто заменяя старые или поврежденные панели такими же панелями или листовыми материалами.

- Благодаря заранее запланированному размещению швов есть много возможностей превосходного декоративного оформления поверхности здания.

- Возможность проведения фасадных работ в любое время года.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

5.1. Проектирование мансардного этажа

5.1.1 Конструкции мансардного этажа

Конструкция и геометрия крыши определяет архитектурную форму венчающей части здания, а это, в свою очередь, необходимость создания единства конструктивного и архитектурного решений во взаимосвязи с внутренним пространством, обусловленным функциональным назначением. Выбор той или иной архитектурно-строительной системы мансардного этажа включает определение несущей конструкции и ограждения, а также организацию строительных работ на объекте в застроенной части города. Для мансардных этажей рекомендуется выбирать легкие конструкции и материалы, поскольку, с одной стороны, следует максимально облегчить их транспортировку на этаж, а с другой, собственный вес конструкций должен быть минимальным, с учетом той нагрузки, которая будет перенесена на уже существующее здание. Эти предпосылки в целом указывают на то, что конструкции следует выбирать из материалов на основе древесины или тонкостенного холодногнутого металлического профиля. Использование каменных и бетонных материалов для создания несущей конструкции мансардного этажа на реставрируемом, да и вновь строящемся здании не рекомендуется.

Кровельное покрытие должно соответствовать этим же предпосылкам, то есть должно быть выполнено преимущественно из легких материалов в виде металлических листов, металлочерепицы и тому подобное. В случаях, когда это необходимо в целях сохранения среды уже существующей застройки, покрытие выполняется из глиняной или цементно-песчаной черепицы, цветного металла и прочих материалов. Внутренняя облицовка ограждения мансарды выполняется преимущественно из гипсокартонных

листов. Внутренние перегородки целесообразно выполнять поэлементной сборкой с облицовкой гипсокартонными листами по стойкам из тонколистовых профилей.

Мансардный этаж в большей степени, чем нижние этажи подвержен потерям тепла по той простой причине, что над ним нет "тепловой подушки". Он имеет большую общую поверхность соприкосновения с внешней средой. Поэтому из соображений комфорта и экономии необходима эффективная и тщательная теплоизоляция. При повышенной теплоизоляции более строгие требования предъявляются к термическому уплотнению и его исполнению. Такое уплотнение не дает теплу воздуха проникать через уплотняющий слой. Для теплоизоляции должен применяться эффективный утеплитель, например, плита из минеральной ваты, $c = 0,004 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$ по расчету. С внутренней стороны утеплителя (повернутой к помещению) предусматривается слой пароизоляции, а с внешней стороны - гидроизоляции. Также важно, чтобы между верхней стороной утепляющего слоя и нижней стороной кровельного покрытия имелась достаточно эффективное вентиляционное пространство, что способствовало бы вентиляции и удалению неизбежного потока влажного теплого воздуха, который будет проникать через паровые преграды и теплоизоляционный слой.

5.1.2 Утепление мансард

Покрытие мансарды должно не только защищать дом от атмосферных осадков (дождь, снег), но и препятствовать охлаждению помещений верхнего этажа. Тёплый воздух всегда поднимается вверх, поэтому температура воздуха под потолком в среднем на 2°C выше, чем посредине высоты помещения. При одинаковой теплоизоляционной способности стен и кровли потери тепла через последнюю всегда будут больше, что обусловлено большим перепадом температур между наружной и внутренней поверхностями покрытия мансарды. Кроме того, влагосодержание теплого воздуха обычно выше, чем холодного, поэтому конденсат на потолке верхнего этажа может образовываться при более высоких температурах, чем на внутренней поверхности стены. Поэтому к теплозащите кровельных покрытий предъявляются более жесткие требования, чем к наружным стенам. Теплотери через мансарду достаточно велики, поэтому правильно выполненное утепление ее покрытия способно принести ощутимый экономический эффект. При сравнении двух типовых двухэтажных домов площадью 205 м^2 с мансардами, утепленными в соответствии с прежними и новыми требованиями, установлено, что современный уровень теплозащиты позволяет снизить потери тепла через покрытие более чем на 3 кВт и тем самым существенно уменьшить мощность системы отопления и снизить расходы на обогрев дома. Значительную опасность для людей представляют сосульки, свисающие с

крыши. В процессе сбивания сосулек велика вероятность повреждения кровли со всеми вытекающими последствиями. Одной из причин образования сосулек в зимнее время является недостаточная теплоизоляция покрытия крыши. Снег, подогреваемый снизу теплом, проходящим через плохо утепленное покрытие, начинает подтаивать, и вода, стекающая с крыши, превращается в сосульки. Только при хорошо выполненной теплоизоляции сосульки не будут доставлять неприятностей зимой.

5.1.3 Требования к теплозащите покрытий мансард

Нормирование теплозащиты ограждающих конструкций, к числу которых принадлежат и кровли, производится в соответствии со СНиП П-3-79* "Строительная теплотехника" (вып. 1998 года) с учетом средней температуры воздуха и продолжительности отопительного периода в районе строительства. В соответствии с этими нормами требуемое приведенное сопротивление теплопередаче R_0 кровельных покрытий для Пензы и Пензенской области должно быть не менее $4,7 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

5.1.4 Конструктивные особенности

Влагосодержание теплого внутреннего воздуха выше, чем холодного наружного, поэтому диффузия водяных паров (как через покрытие мансарды, так и через наружные стены здания) направлена из помещения наружу. Наружная (верхняя) часть кровельного покрытия представляет собой гидроизоляционный слой, плохо пропускающий водяные пары и способствующий образованию конденсационной влаги с внутренней (нижней) стороны кровли. Последствия не заставят себя ждать: несмотря на хорошо выполненную гидроизоляцию крыши, на внутренней поверхности кровельного покрытия появятся мокрые пятна и плесень, ухудшатся теплоизоляционные качества утеплителя, с потолка начнут падать капельки воды (не из-за протечки кровли, а в результате конденсации водяных паров). Учитывая отрицательное воздействие влаги на теплоизоляционные характеристики материалов, утеплитель необходимо защитить от увлажнения водяными парами, содержащимися в воздухе помещения, слоем пароизоляционного материала, расположив его с внутренней (нижней) стороны утеплителя. Для удаления влаги, попавшей по каким-то причинам в теплоизоляционный материал, между утеплителем и наружным (гидроизоляционным) слоем кровельного покрытия следует предусмотреть вентилируемую воздушную прослойку.

Очень часто нежилые чердачные помещения переоборудуют в жилые мансарды, сохраняя существующую стропильную систему. При этом, стремясь свести к минимуму дополнительную нагрузку на несущие конструкции здания, обычно используют легкий утеплитель пониженной

плотности. Под воздействием ветра происходит "продувание" утеплителей малой плотности, сопровождающееся уносом тепла, поэтому для сохранения теплозащитных характеристик конструкции на поверхность теплоизоляции, граничащую с вентилируемой прослойкой, обязательно укладывается слой ветрозащитного паропроницаемого материала.

При утеплении мансарды нужно помнить, что потери тепла происходят не только через покрытие, но и через торцовую стену. Поэтому фронтон дома также необходимо хорошо утеплить в соответствии с современными требованиями.

5.1.5 Утепление мансардных покрытий

Конструктивно покрытие мансарды состоит из системы стропил, установленных с шагом 600...1000 мм. Пространство между стропилами заполняется теплоизоляционным материалом (утеплителем). В качестве утепляющего материала рекомендуется использовать плиты из минеральной ваты на основе базальтового волокна или стекловолокна. Теплоизоляционные плиты или маты могут укладываться в один или несколько слоев, причем общая толщина слоя утеплителя зависит от коэффициента теплопроводности утеплителя, значение которого обязательно указывается в сертификате соответствия.

Между утеплителем и кровельным покрытием устраивают вентилируемую воздушную прослойку. С внутренней (нижней) стороны покрытие мансарды защищают пароизоляционным материалом и отделывают гипсокартонными листами, вагонкой и т.п.. Если высота сечения стропил меньше, чем необходимая толщина утепляющего слоя, к стропильным ногам на шурупах или гвоздях прикрепляют деревянные бруски. Плиты утеплителя кладут между ними таким образом, чтобы остался воздушный зазор между теплоизоляцией и кровлей. При недостаточной высоте сечения стропил к ним можно прикрепить горизонтально расположенные деревянные антисептированные бруски. В этом случае один слой утеплителя располагается между стропилами, а другой – между горизонтальными брусками.

5.1.6 Устройство вентилируемой воздушной прослойки

Ширина воздушного зазора между утеплителем и кровлей зависит от профиля материала покрытия. В случае использования профилированных листов из оцинкованной стали, черепицы, металлочерепицы и других волнистых листов толщина вентилируемой воздушной прослойки должна составлять не менее 25 мм. При устройстве кровли из плоских листов (асбестоцементные листы, оцинкованная сталь, мягкая битумная черепица, рулонные материалы) необходима воздушная прослойка толщиной не

менее 50 мм. Вентиляция воздушной прослойки осуществляется через отверстия в карнизе и в коньке.

5.1.7 Защита утеплителя от продувания

Со стороны вентилируемой воздушной прослойки теплоизоляционный материал необходимо защитить ветрозащитной паропроницаемой мембраной. Как показывает практика, наилучшие результаты могут быть получены при использовании таких рулонных материалов, как "Тайвек Soft", "Монарфлекс ВМ 310" и "Монаперм 450 ВМ". Применение в качестве ветрозащитной мембраны паронепроницаемых материалов типа рубероида или полиэтиленовой пленки совершенно недопустимо! Следует отметить, что мембраны типа 'Тайвек', прекрасно пропускающие пары воды, не пропускают, тем не менее, воду в жидкой фазе, а потому препятствуют намоканию утеплителя в результате попадания влаги, конденсирующейся на внутренней поверхности кровельного покрытия со стороны воздушной прослойки. Это свойство материалов "Тайвек" позволяет уменьшить толщину воздушной прослойки до 25 мм вне зависимости от профиля кровельного покрытия, что особенно важно при утеплении чердака по существующим стропилам: воздушная прослойка небольшой толщины исключает необходимость установки дополнительных брусков с внутренней стороны стропильных ног. Высоты стропильной ноги будет достаточно для размещения утеплителя необходимой толщины и устройства вентилируемой воздушной прослойки.

При возведении нового дома ветрозащитный материал укладывают поверх стропильных ног и прикрепляют с помощью деревянных брусков. При устройстве мансарды на существующем чердаке ветрозащитный паропроницаемый материал крепится специальными рейками к существующим стропилам. "Тайвек" защищает утепляющий слой и от увлажнения атмосферными осадками (дождь, снег), попадающими в воздушный зазор при сильном ветре или через неплотности в покрытии. "Тайвек" укладывают на утеплитель с нахлестом 150...200 мм по пунктирным линиям, нанесенным на полотно материала, и прикрепляют к конструкции деревянными рейками гвоздями, скобами или клеем.

5.1.8 Устройство пароизоляции

С внутренней (нижней) стороны теплоизоляционный материал защищают от увлажнения водяными парами, содержащимися в воздухе помещения, слоем пароизоляции - полиэтиленовой пленкой, пергамином, рубероидом или фольгированным пароизоляционным материалом "Поликрафт" фирмы Монарфлекс. Материал укладывают с перехлестом полотнищ 100 мм и проклеивают швы липкой лентой. Применение скотча

не только обеспечивает герметичность швов, но и позволяет уменьшить величину перехлеста до 100 мм (как по вертикали, так и по горизонтали) вне зависимости от уклона кровли. К стропилам или брускам пленка крепится тонкими деревянными рейками. Фольгированные материалы укладывают фольгой в сторону помещения, причем между пароизоляцией и внутренней обшивкой желателен небольшой зазор. В этом случае блестящая поверхность алюминиевой фольги будет отражать тепловое излучение, идущее из помещения наружу, и уменьшать величину теплопотерь через покрытие мансарды. Изнутри помещение мансарды облицовывается гипсокартонными листами, фанерой, досками или вагонкой, которые крепятся к деревянным брускам или металлическим профилям, установленным с внутренней стороны стропильных ног.

5.1.9 Дополнительное утепление существующих мансард

Как правило, мансарда занимает не всю площадь перекрытия верхнего этажа, поскольку ее продольные стенки устраиваются не в плоскости наружной стены, а на некотором расстоянии от нее. Участок перекрытия между стеной мансарды и карнизом, примыкающий к наружной стене дома, выходит за объем отапливаемого помещения мансарды, поэтому его обязательно надо утеплить. Для этого поверх досок перекрытия укладывают пароизоляцию "Поликрафт" (фольгированной стороной вниз), полиэтиленовую пленку и т.п., затем слой утеплителя и ветрозащитный паропроницаемый материал. Утеплитель должен быть уложен так, чтобы в зоне примыкания перекрытия к стене не образовывались "мостики холода".

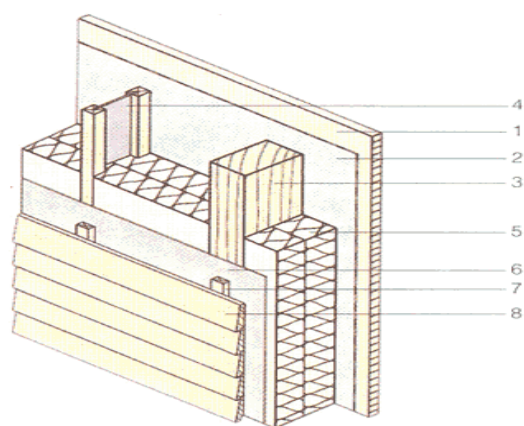
Нередки случаи, когда имеющееся утепление мансарды не обеспечивает необходимого уровня теплоизоляции. Большие расходы на отопление, образование сосулек зимой и барабанный бой дождевых капель летом говорят о том, что покрытие мансарды нуждается в дополнительном утеплении (и одновременно в звукоизоляции). Утеплить мансарду можно, расположив утеплитель поверх существующей изоляции с соблюдением всех правил установки теплоизоляции на мансардах. Этот вариант утепления исключает необходимость уменьшения высоты потолка и полезной площади утепляемого помещения, но требует разборки кровли и обрешетки, а также устройства несущего каркаса для нового кровельного покрытия.

Дополнительный слой утеплителя можно расположить и под существующей теплоизоляцией. Для этого на внутренней обшивке мансарды устанавливают каркас из деревянных брусков, между которыми "враспор" помещают плиты теплоизоляционного материала. Высота брусков должна соответствовать толщине слоя утеплителя. Со стороны помещения утеплитель необходимо защитить пароизоляционным материалом, который крепят к деревянным брускам каркаса. Изнутри

помещение отделывают вагонкой, гипсокартонными листами, фанерой и т.п. Такой способ утепления не связан с разборкой кровли, работы можно производить не только летом, но и зимой, однако полезная площадь и высота помещения уменьшаются.

В некоторых случаях оптимальным вариантом утепления может быть комбинированный способ, когда потолок мансарды утепляется поверх существующей теплоизоляции, а ее наклонные поверхности утепляются изнутри. В любом случае нельзя забывать о дополнительном утеплении вертикальных стенок мансарды и части перекрытия, расположенной около наружной стены вне отапливаемого помещения мансарды.

5.1.10 Конструкция стены щитового дома



- 1 - обшивка внутри
- 2 - влагоизоляция
- 3 - основа из дерева
- 4 - основа (альтернатива деревянной)
- 5 - утеплитель
- 6 - ветроизоляция
- 7 - обрешетка
- 8 - обшивка внахлест

5.1.11 Рекомендации по теплоизоляции

В плане теплоизоляции деревянный коттедж может служить образцом. Конструкции из дерева по сравнению с другими материалами перекрывают все нормативы по сбережению тепла. В зависимости от климата возможны варианты деревянных построек даже без отопления. И это вполне объяснимо. С одной стороны, дерево – лучший теплоизолятор среди строительных материалов, а с другой – пустоты в рамочных конструкциях из дерева можно целиком заполнять утеплителем.

В соответствии с формулой "толщина конструкции = толщине утеплителя" базовая рамочная конструкция для щитового дома толщиной 12 см заполняется утеплителем соответствующей толщины. Возможно использование и конструкций толщиной 14 или 16 см. Они, как правило, используются для строительства домов в несколько этажей. Для коттеджа на одну – две семьи более толстые щитовые конструкции с точки зрения устойчивости можно и не сооружать. В этом случае прибегают к достаточно эффективному решению. Оно заключается в том, что с внешней или внутренней стороны стены укрепляются дополнительным слоем утеплителя толщиной примерно 6 см. Он прокладывается или под

наружной дощатой обшивкой, или на внутренней стороне стен. Толщина конструкции при этом заметно не увеличивается, однако по сравнению со строительством из более толстых щитов получается экономия жилой площади, равная примерно 10%. Если утеплитель находится с внутренней стороны, то одновременно можно проложить электроарматуру и другие внутренние коммуникации.

С точки зрения теплоизоляции дополнительный слой утеплителя - внутри или снаружи – кроме собственно дополнительного эффекта, перекрывает еще и стыки щитов. Это помогает избежать неравномерной теплопроводности стен в целом. Влагоизолирующий слой, предотвращающий образование конденсата в утеплителе, прокладывают в этом случае между основным и дополнительным утеплителем. Обратите особое внимание, что при установке электроарматуры и других коммуникаций влагоизоляцию ни в коем случае нельзя повреждать.

5.2 Особенности энергосбережения ограждающих конструкций индивидуальных жилых домов

Начиная строительство, владелец будущего коттеджа должен задуматься не только над архитектурным обликом и планировкой своего дома, но и о предстоящих расходах, связанных с эксплуатацией здания, в том числе и о затратах на отопление. На протяжении последних десятилетий в пригородной зоне чаще всего строили дома из бруса или бревен, каркасные домики и коттеджи с кирпичными стенами толщиной не более чем в 2 кирпича. Низкий уровень теплозащиты таких домов вынуждал владельцев затрачивать на отопление значительные средства или отказываться от проживания за городом в холодное время года. В начале 2000 года вступили в силу новые требования к теплозащите ограждающих конструкций. Устройство хорошей теплозащиты позволяет экономить до 50% энергии, расходуемой на отопление. Поэтому целесообразность единовременного вложения средств в утепление дома не вызывает сомнений; иначе владельцу придется отапливать не только свой дом, но и улицу.

Стены, кровля и окна называются наружными ограждающими конструкциями здания потому, что они ограждают жилище от различных атмосферных воздействий - низких температур, влаги, ветра, солнечной радиации. При образовании разности температур между внутренней и наружной поверхностями ограждения, в материале ограждения возникает тепловой поток, направленный в сторону понижения температуры. При этом ограждение оказывает большее или меньшее сопротивление (R_0) тепловому потоку. Конструкции с большим сопротивлением теплопередачи имеют лучшую теплозащиту.

Нормирование теплозащитных свойств наружных ограждений производится в соответствии со строительными нормами СНиП II-3-79* (выпуск 1998 г.) с учетом средней температуры и продолжительности отопительного периода в районе строительства (СНиП 23.01-99 'Строительная климатология'). Не вдаваясь в подробности, укажем лишь, что для Пензы и Пензенской области приведенное сопротивление теплопередаче (R_0) ограждающих конструкций должно быть для жилых зданий не менее $3,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и $2,8\text{-}3,3 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ для общественных. Теплозащитные свойства стены зависят от ее толщины и коэффициента теплопроводности материала, из которого она построена. Если стена состоит из нескольких слоев (например, кирпич-утеплитель-кирпич), то ее термическое сопротивление будет зависеть от толщины и коэффициента теплопроводности материала каждого слоя. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций сильно зависят от влажности материала. Подавляющее большинство строительных материалов содержит мельчайшие поры, которые в сухом состоянии заполнены воздухом. При повышении влажности поры заполняются влагой, коэффициент теплопроводности которой в 20 раз больше, чем у воздуха, что приводит к резкому снижению теплоизоляционных характеристик материалов и конструкций. Поэтому в процессе проектирования и строительства необходимо предусмотреть мероприятия, препятствующие увлажнению конструкций атмосферными осадками, грунтовыми водами и влагой, образующейся в результате конденсации водяных паров, диффундирующих через толщу ограждения.

При эксплуатации домов, в результате воздействия внутренней и наружной среды на ограждающие конструкции, материалы находятся не в абсолютно сухом состоянии, а имеют несколько повышенную влажность. Это приводит к увеличению коэффициента теплопроводности материалов и снижению их теплоизолирующей способности. Поэтому при оценке теплозащитных характеристик конструкций необходимо использовать реальное значение коэффициента теплопроводности в условиях эксплуатации, а не в сухом состоянии. Как известно, влагосодержание теплого внутреннего воздуха выше, чем холодного наружного. Поэтому диффузия водяных паров через толщу ограждения всегда происходит из теплого помещения в холодное. Если с наружной стороны ограждения расположен плотный материал, плохо пропускающий водяные пары, то часть влаги, не имея возможности выйти наружу, будет скапливаться в толще конструкции. Если у наружной поверхности расположен материал, не препятствующий диффузии водяных паров, то вся влага будет свободно удаляться из ограждения. При проектировании коттеджа необходимо учитывать тот факт, что однослойные стены толщиной 400 - 650 мм из кирпича, керамических камней, мелких блоков из ячеистого бетона или

керамзитобетона обеспечивают сравнительно невысокий уровень теплозащиты (приблизительно в 3 раза меньше требуемой). Высокими теплоизоляционными характеристиками, соответствующими современным требованиям, обладают трехслойные ограждающие конструкции, состоящие из внутренней и наружной стенок из кирпича или блоков, между которыми размещен слой теплоизоляционного материала. Внутренняя и наружная стенки, соединенные гибкими связями в виде арматурных стержней или каркасов, уложенных в горизонтальные швы кладки, обеспечивают прочность конструкции, а внутренний (утепляющий) слой - требуемые теплозащитные параметры. Толщина утепляющего слоя выбирается в зависимости от климатических условий и вида утеплителя. Из-за неоднородной структуры трехслойной стены и применения материалов с различными теплозащитными и пароизоляционными характеристиками в толще конструкции может образовываться конденсат, наличие которого снижает теплоизоляционные свойства ограждения. Поэтому при возведении трехслойных стен следует предусмотреть их защиту от увлажнения.

5.2.1 Дома со стенами из кирпича и мелких блоков

Для возведения трехслойных каменных стен можно применять обыкновенный глиняный, силикатный и пустотный кирпич, а также керамические камни, керамзитобетонные блоки и блоки из ячеистого бетона. В качестве утеплителя используют плиты из минеральной ваты на основе базальтового волокна, плиты из стекловаты и другие теплоизоляционные материалы. Толщина утепляющего слоя зависит от материала стены, ее толщины, вида утеплителя и может приниматься в соответствии с приведенными таблицами.

Особое внимание следует обратить на материал конструкции наружных стен. Если внутренняя стена выполнена из ячеистого бетона, не следует использовать для возведения наружной стены керамзитобетонные блоки, поскольку это приведет к увлажнению утеплителя. Шлакобетонные блоки интенсивно впитывают влагу и очень медленно высыхают, поэтому их лучше не применять. Силикатный кирпич можно использовать в качестве строительного материала для стен только при наличии надежной горизонтальной гидроизоляции здания. Его нельзя применять для кладки цоколя, фундаментов и стен помещений с повышенной влажностью (бассейны, бани и т.п.). Внутренние и наружные стенки трехслойных ограждающих конструкций соединяют специальными связями. Обычно для этого используются штыри из арматуры диаметром не менее 6 мм, металлические скобы, а также недавно появившиеся стеклопластиковые связи. Металлические закладные детали должны быть выполнены из нержавеющей стали или иметь антикоррозийное покрытие. Гибкие связи

укладывают в швы кладки на глубину 60 - 80 мм на расстоянии 600 мм друг от друга по вертикали и 500 - 1000 мм по горизонтали из расчета 0,6 - 1,2 см связей на 1 м. Для защиты ограждающих конструкций от увлажнения капиллярной грунтовой влагой обязательно устраивается горизонтальная гидроизоляция выше уровня земли на 150 - 200 мм. Для этого горизонтальную поверхность фундамента выравнивают цементным раствором, на который укладывают гидроизоляционный материал. В качестве гидроизоляции лучше всего использовать влагозащитную полиэтиленовую мембрану DPC фирмы 'Монарфлекс', а также традиционные битумные материалы: рубероид, гидроизол, гидростеклоизол, бикрост, бикростласт, ирмаст. Горизонтальную гидроизоляцию устраивают на всю толщину стены, с перехлестом полотнищ на 100 мм. Для защиты утеплителя от увлажнения предусматривают фартук из гидроизоляционного материала. Если выступающая над землей часть ленточного фундамента (цоколь) шире, чем наружная стена, то выступающую часть цоколя защищают от влаги сливом из оцинкованной стали. В домах с трехслойными стенами балки и плиты перекрытий должны опираться на внутреннюю часть ограждения, не заходить в толщу утеплителя и не создавать "мостиков холода".

Дополнительные потери тепла происходят через участок наружной стены, находящейся за отопительным прибором. Поэтому целесообразно утеплить радиаторную нишу со стороны помещения. Наибольший эффект даст установка в нише теплоизоляционного материала, покрытого блестящей алюминиевой фольгой. Между блестящей поверхностью фольги и радиатором предусматривают воздушный зазор толщиной 25 мм. Если ширина зазора между стеной и радиатором недостаточна для монтажа утеплителя, можно ограничиться устройством на внутренней поверхности радиаторной ниши отражающего экрана из фольги или пароизоляционного материала с блестящей поверхностью. Для этой цели пригоден, например, паронепроницаемый материал "Polykraft" датской фирмы 'Монарфлекс'. Он защитит утеплитель от увлажнения водяными парами, содержащимися в атмосфере помещения, а его блестящая поверхность станет препятствием для потока инфракрасного излучения. Не следует устанавливать отопительный прибор вплотную к стене или непосредственно на пол. Необходимо предусмотреть воздушный зазор между радиатором и стеной не менее 25 мм, основанием прибора и полом – 40 мм, верхней поверхностью радиатора и подоконной доской – 50 мм.

5.2.2 Деревянные брусовые и каркасно-щитовые дома

В качестве утепляющего материала деревянных стен используются плиты из минеральной ваты на основе базальтового волокна или плиты из

стекловаты, которые укладывают в пространство между стойками. Стойки каркаса устанавливают на нижнюю обвязку с шагом порядка 600 мм. Наружную сторону утеплителя необходимо укрыть от продувания ветром при помощи рулонного паропроницаемого гидроизоляционного материала (стеклохолст или стеновой 'Тайвек'). С внутренней стороны утеплитель нужно защитить от увлажнения пароизоляционным материалом (полиэтиленовая пленка). Наилучший результат достигается в случае использования фольгированного пароизоляционного материала "Polykraft". Благодаря наличию слоя блестящей алюминиевой фольги материал не только препятствует проникновению водяных паров в утеплитель, но и отражает внутрь помещения часть теплового потока, проходящего через стену наружу. Внутренняя поверхность стены обшивается гипсокартонными листами, вагонкой и т.п. В деревянных домах из бревен, бруса и в каркасных домиках горизонтальная гидроизоляция должна быть выполнена с особой тщательностью. Для этого между цоколем и каркасной стеной устраивают гидроизоляцию – мембрану ДПС, гидростеклоизол, рубероид, бикроэласт. При толщине цоколя большей, чем толщина стены, для отвода влаги предусматривают слив из оцинкованной стали. Его укладывают на деревянную доску толщиной 25 мм. Доска опирается на бруски, уложенные на цоколь поверх гидроизоляции с шагом 500-600 мм. Для исключения увлажнения утеплителя в трехслойных стенах можно предусмотреть устройство воздушной прослойки толщиной 60 мм. Для защиты утеплителя от продувания устанавливают ветрозащитный паропроницаемый материал - стеклохолст или стеновой "Тайвек" на 'холодной' поверхности утеплителя со стороны воздушной прослойки. Можно использовать готовые утепляющие плиты, кашированные ветрозащитным материалом. Для вентиляции воздушной прослойки устраивают специальные продухи в нижней и верхней части стены. Площадь вентиляционных отверстий принимается из расчета 75 см на каждые 20 м поверхности стены. Для организации отверстий можно использовать пустотный кирпич, положенный на ребро таким образом, чтобы воздушная прослойка сообщалась с наружным воздухом, или не все вертикальные швы в нижнем ряду кладки заполнять цементным раствором.

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Какой температурный перепад, согласно санитарно-гигиенических норм, учитывают при определении тепловой защиты здания:

- температурный перепад между температурой на внутренней и внешней поверхностях ограждающей конструкции;
- температурный перепад между температурой внутри помещения и на внутренней поверхности ограждающей конструкции;
- температурный перепад между температурой на внешней поверхности ограждающей конструкции и температурой наружного воздуха.

2. Какая температура наружного воздуха закладывается в тепло-технический расчет:

- температура наиболее холодных суток;
- температура наиболее холодных трех суток;
- температура наиболее холодных пяти суток с обеспеченностью 0,92.

3. От теплотехнических качеств наружных ограждений зависят:

- теплопотери зданиями в зимний период;
- морозостойкость ограждающих конструкций;
- постоянство температуры внутри помещения;
- температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции;
- несущая способность здания;
- внешний вид наружной стены.

4. Наиболее эффективный вариант утепления наружных стен 5-9 этажных жилых домов:

- утепление изнутри;
- утепление в толще конструкции;
- утепление наружное.

5. Требуемое сопротивление теплопередаче зависит от

- климатических условий района строительства;
- зоны влажности района строительства;
- конструктивного решения наружного ограждения.

6. Термическое сопротивление ограждающей конструкции зависит:

- температуры наружного воздуха;
- толщины конструктивного слоя;
- нормативного температурного перепада между температурой внутри помещения и на внутренней поверхности наружной стены;
- коэффициента теплопроводности материала.

7. Коэффициент теплопроводности материала зависит:

- объемного веса материала;
- от количества температурных включений;
- влажностного состояния материала конструкции;
- температуры внутри помещения.

8. Градусосутки отопительного периода оказывают влияние на
 - термическое сопротивление конструкции;
 - общее сопротивление теплопередаче конструкции;
 - нормируемое значение сопротивления теплопередаче.
9. Температура по толщине конструктивного слоя изменяется
 - по линейному закону;
 - по кривой наименьшего подъема;
 - по параболической зависимости.
10. Деталь стены, наиболее подверженная переохлаждению в зимнее время:
 - рядовой простенок;
 - парапет;
 - угловой простенок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Нормы проектирования. – М: Госстрой, 2004.
2. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М: Госстрой, 2005.
3. СНиП 23-09-99. Строительная климатология. –М: Госстрой, 2000.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 3 |
| 1. ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ | 4 |
| 2. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ | 6 |
| 3. ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЁТА НЕОДНОРОДНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ | 13 |
| 4. ВАРИАНТЫ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПО УТЕПЛЕНИЮ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ | 19 |
| 5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ | 32 |
| ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ | 44 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 46 |

Учебное издание

Викторова Ольга Леонидовна
Холькин Сергей Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ
ПРИ НОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ
И РЕКОНСТРУКЦИИ РЕКОНСТРУКЦИИ**

Методические указания
для самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции
Верстка Т.Ю. Симутина

Подписано в печать 29.06.15. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 2,73. Уч.-изд.л. 2,93. Тираж 80 экз.
Заказ № 265.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28