

ОАО "ToshuyjoyLITI"

Пособие

**по проектированию
новых энергосберегающих решений
по строительной теплотехнике
(к КМК 2.01.04-97*)**

Ташкент – 2012

УДК 697.1

Утверждено приказом ОАО "ToshuyjoyLITI" от 03 декабря 2012г., № 127-П. Рекомендовано к изданию решением Научно-технического Совета Госархитектстроя Республики Узбекистан от 28 ноября 2012г.

"Пособие по проектированию новых энергосберегающих решений по строительной теплотехнике (к КМК 2.01.04-97*)" / ОАО "ToshuyjoyLITI"- Ташкент, ИВЦ "AQATM", 2012. – 70 с.

Регламентирована последовательность проектирования тепловой защиты здания с соблюдением новых требований по сбережению энергии. Дана методика выбора уровня тепловой защиты, расчётных наружных и внутренних параметров для проектируемого здания. Детализированы положения по проектированию энергосберегающей тепловой защиты здания в соответствии с выбранным уровнем.

Описаны решения по эффективной теплоизоляции наружных стен трёх видов: с оштукатуриванием фасадов; с отстоящим фасадным экраном; с облицовкой теплоизоляции кирпичом.

Даны решения по солнцезащите зданий, приведены характеристики солнцезащитных устройств; изложены методика и примеры расчёта солнцезащиты оконных проёмов.

Приведена методика проектирования и технические решения по обеспечению в здании требуемого воздухообмена инфильтрацией. Дан пример проверки ограждающей конструкции на паропроницаемость.

Для инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских и производственных организаций.

Разработано ОАО "ToshuyjoyLITI" (Руководитель темы: к.т.н. Е.А.Насонов, ответственный исполнитель – инженер Р.Р.Кадыров).

Табл. 9, ил. 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В 2011 году осуществлена переработка строительных норм и правил КМК 2.01.04-97* "Строительная теплотехника" и ряда других ШНК и КМК, в целях повышения энергетической эффективности зданий, сооружаемых в Республике Узбекистан. Введено значительное количество новых нормоположений по применению в проектах прогрессивных энергосберегающих архитектурно-типологических и технических решений. Нормы теплозащиты зданий повышены на 20-25%, а зданий социального назначения более, чем на 50%.

В развитие строительных норм и правил и для успешной реализации в проектах отдельных усложнённых нормативных требований разработано настоящее Пособие. Его цель – снабдить проектировщиков методическими рекомендациями по выбору и расчёту соответствующего проектного решения, вспомогательными и справочными материалами для проектирования и примерами проектных решений.

Пособие создано на основе обобщения передовых научно-технических достижений разных стран и отечественной науки в области энергосбережения и с использованием результатов дополнительно проведённых исследований по данной теме.

После номера пункта Пособия в скобках указаны номера пунктов КМК 2.01.04-97*, положения которых развиваются.

Все замечания и пожелания по содержанию настоящего Пособия просьба направлять по адресу: 100031, Ташкент, ул.М.Якубовой 43, ОАО "ToshuyjoyLITI".

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Пособие разработано к КМК 2.01.04-97* "Строительная теплотехника" в целях развития, детализации и успешной реализации в проектах новых энергосберегающих решений и соблюдения усложнённых требований по строительной теплотехнике, включённых в строительные нормы и правила в 2011 году.

1.2. Проектирование тепловой защиты здания согласно требованиям КМК 2.01.04-97* и КМК 2.01.18-2000* осуществляют в следующей последовательности:

а) определяют расчётные наружные климатические параметры для района строительства здания;

б) выбирают расчётные внутренние параметры в помещениях проектируемого здания в зависимости от его назначения;

в) разрабатывают объёмно-планировочные решения и рассчитывают геометрические размеры здания;

г) определяют уровень теплозащиты здания согласно разделу 3;

д) определяют требуемые для данного уровня теплозащиты сопротивления теплопередаче R_o^{TP} наружных стен, покрытий (чердачных перекрытий), перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами, окон, балконных дверей и фонарей согласно разделу 4;

е) разрабатывают конструктивные решения наружных ограждений, добиваясь выполнения условия $R_o \geq R_o^{TP}$ и соблюдения других требований КМК 2.01.04-97*;

ж) определяют, согласно КМК 2.01.18-2000* и Пособия к нему, нормативный удельный расход теплоты на отопление и вентиляцию здания q_{ov}^{TP} ;

з) принимают основные решения по устройству систем отопления и вентиляции здания, определяют расчётные тепловые потоки данных систем и вычисляют удельный расход теплоты для проектируемого здания q_{ov} ;

и) проверяют соблюдение условия $q_{ov} \leq q_{ov}^{TP}$, повышая при необходимости теплозащитные свойства отдельных наружных ограждений здания или воплощая другие дополнительные энергосберегающие решения;

к) при наличии кондиционирования определяют нормативный q_k^{TP} и фактический q_k показатели расхода холода и проверяют соблюдение условия $q_k \leq q_k^{TP}$, воплощая при необходимости в проекте дополнительные энергосберегающие решения;

л) по завершению проекта заполняют таблицу значений теплотехнических и энергетических параметров запроектированного здания согласно разделу 9.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ПАРАМЕТРОВ

2.1. Расчётными называются такие значения параметров, при воздействии которых или на обеспечение которых должны приниматься все проектные решения и проводиться расчёты зданий, их элементов и систем инженерного оборудования.

Расчётные наружные климатические условия

2.2. Параметрами климатических условий, которые учитываются в расчётах по строительной теплотехнике, являются температура и влажность воздуха, скорость ветра, интенсивность солнечной радиации. В качестве расчётных занормированы следующие значения параметров:

- выбранные близко к экстремальным значения температуры, влажности и скорости движения наружного воздуха в холодный период года;
- продолжительность и средняя температура отопительного периода;
- температура, максимальная амплитуда суточных колебаний температуры, скорость движения наружного воздуха, максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации в наиболее жаркий месяц года – июль.

2.3. Расчётные значения наружных климатических параметров установлены положениями КМК 2.01.04-97* и приведены в КМК 2.01.01-94 "Климатические и физико-геологические данные для проектирования". При отсутствии данных для конкретного пункта, расчётные значения следует принимать для ближайшего населённого пункта, который указан в КМК 2.01.01-94.

2.4. Холодным периодом года является период со средней суточной температурой наружного воздуха 10°C и менее.

Отопительный период, согласно КМК 2.04.05-97* для большинства зданий начинается и заканчивается с началом и окончанием холодного периода и только для лечебных, детских дошкольных учреждений, школ и домов-интернатов отопительным является период со среднесуточной температурой наружного воздуха 12°C и менее. Расчётные значения продолжительности и средней температуры холодного и отопительного периода следует принимать по табл.4 КМК 2.01.01-94.

2.5 (2.2*). Расчётная температура наружного воздуха в холодный период года для проектирования ограждающих конструкций установлена

равной средней температуре столь холодной пятидневки, что за 100-летний период холодней её будут только 8 пятидневок (обеспеченность 0,92). Принятие в качестве расчётной экстремально низкой температуры привело бы к значительному и неоправданному удорожанию строительства.

Неизбежное кратковременное снижение в помещениях нормируемой внутренней температуры при более суровых наружных условиях, чем расчётные, нарушением норм не считается.

2.6 (Раздел 3). В тёплый период года расчётные значения наружных климатических параметров:

- среднемесячная температура наружного воздуха за июль;
- максимальная амплитуда суточных колебаний температуры воздуха в июле;
- минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более;
- максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) в июле;
- значения других параметров для теплого периода года;

используют при расчётах ограждающих конструкций на теплоустойчивость, для проектирования солнцезащитных устройств и для расчёта систем охлаждения и кондиционирования зданий.

2.7. Расчётные значения всех наружных климатических параметров, которые необходимы для проектирования, следует принимать в соответствии с указаниями по их определению, приводимыми в КМК 2.01.04-97*, КМК 2.01.01-94, в пособиях и рекомендациях по проектированию.

Расчётные внутренние условия

2.8. Для проектирования ограждающих конструкций необходимо для холодного периода года принимать расчётные значения следующих параметров микроклимата помещений:

- температура, влажность и температура точки росы внутреннего воздуха;
- влажностный режим помещения и параметры условий эксплуатации ограждающих конструкций;
- нормируемый расход инфильтрующегося в здание наружного воздуха.

2.9. Расчётные значения температуры внутреннего воздуха t_v , °С, принимают согласно нормам проектирования соответствующих зданий:

- для жилых зданий – по табл. 8 и 9 ШНК 2.08.01-05* "Жилые здания";
- для общественных зданий – по табл. 26÷38 ШНК 2.08.02-09* "Общественные здания и сооружения" на нормируемом уровне "Н". Если

здание проектируется со вторым или третьим уровнем теплозащиты, допускается принимать расчётное значение t_v на граничном "Г" или оптимальном "О" уровне, если это предусмотрено заданием на проектирование объекта;

- для производственных зданий – минимальную из допустимых температур по приложению 2 КМК 2.04.05-97* "Отопление, вентиляция и кондиционирование" (кроме помещений, для которых метеорологические условия установлены другими нормативными требованиями, заданием на проектирование объекта).

2.10. Расчётные значения относительной влажности внутреннего воздуха ϕ_v , %, для холодного периода года принимают:

- для помещений жилых зданий, больничных учреждений, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов, общеобразовательных школ, лицеев, колледжей, детских садов, яслей и детских домов – 55%;

- для помещений кухонь – 60%;

- для ванных комнат – 65%;

- для тёплых подвалов и подполий с коммуникациями – 75%;

- для помещений общественных зданий (кроме вышеуказанных) – 50%;

- для производственных помещений – по технологическим данным.

2.11 (2.1*). Значение температуры точки росы t_p , °С, необходимые при расчётах на предотвращение образования конденсата на поверхностях ограждений, определяют по расчётным значениям температуры t_v , °С, и относительной влажности ϕ_v , %, внутреннего воздуха по формуле:

$$t_p = \frac{236 \cdot M - 657,5}{10,245 - M}, \quad (2.1)$$

где;
$$M = \frac{657,5 + 10,245 \cdot t_v}{236 + t_v} - 2 + \lg \phi_v \quad (2.2)$$

Для ряда значений t_v и ϕ_v температура точки росы t_p , °С, приведена в табл.2.1.

Таблица 2.1

Относительная влажность воздуха ϕ_v , %	Температура внутреннего воздуха t_v , °С				
	16	18	20	22	25
40	2,4	4,2	6,0	7,8	10,5
50	5,6	7,4	9,3	11,1	13,8
55	7,0	8,8	10,7	12,5	15,3
60	8,2	10,1	12,0	13,9	16,7
75	11,6	13,5	15,4	17,4	20,3

Температуру точки росы можно также определять по I-d диаграмме влажного воздуха.

2.12 (1.3). Влажностный режим помещения оказывает значительное влияние на теплотехнические характеристики строительных материалов и конструкций: на их теплопроводность, теплоусвоение, способность аккумулировать влагу в порах материала и др. Для проектируемого объекта влажностный режим находят по табл.1 КМК 2.01.04-97*.

В соответствии с влажностным режимом по п. 1.3 КМК 2.01.04-97* принимают условия эксплуатации "А" или "Б" ограждающих конструкций, для которых затем по прил.1 КМК 2.01.04-97* определяют необходимые теплотехнические характеристики строительных материалов.

2.13 (5.7*). Через наружные ограждающие конструкции проектируемого здания необходимо обеспечить прощитание или естественное поступление наружного воздуха в помещения в количестве не менее и не более установленных значений. Нормативным, согласно п.5.7* КМК 2.01.04-97* является расход инфильтрующегося наружного воздуха, создающий в здании воздухообмен кратностью от $0,6 \text{ ч}^{-1}$ и до $1,2 \text{ ч}^{-1}$ при эталонной разности давлений наружного и внутреннего воздуха $\Delta p_{\text{рт}} = 10 \text{ Па}$.

Требуемое расчётное значение величины воздухообмена инфильтрацией распространяется на все типы жилых, общественных и производственных зданий, независимо от наличия и вида вентиляционных систем, за исключением объектов, для которых установлены другие технологические требования по поступлению наружного воздуха или требования по особой герметичности ограждающих конструкций.

3. ВЫБОР УРОВНЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ

3.1 (2.1*). Строительными нормами и правилами предусмотрены три уровня теплозащиты: первый, второй и третий. Они различаются по требованиям, предъявляемым к энергетической эффективности объекта строительства, и введены в целях дифференциации и поэтапного сокращения энергопотребления зданиями.

Первый уровень теплозащиты является минимально допустимым. Он предусматривает необходимое соблюдение в зданиях требуемых санитарно-гигиенических условий и исключение образования конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений.

Второй уровень теплозащиты соответствует повышенным энергосберегающим требованиям. В зданиях со вторым уровнем потребление энергии снижается в 1,4÷1,8 раз по сравнению с первым уровнем теплозащиты.

Наиболее энергоэкономичными являются объекты с третьим уровнем теплозащиты. Третий уровень по сравнению с первым уровнем теплозащиты предусматривает сокращение энергопотребления в 2,5÷3 раза.

3.2 (2.1*). Теплотехнические требования к различным уровням теплозащиты представлены в таблицах 2а*, 2б* и 2в* КМК 2.01.04-97*, а для общественных зданий также в таблицах 2а* и 2б* КМК 2.01.18-2000*.

В таблицах КМК 2.01.04-97* нормируются значения термических сопротивлений $R_{o}^{тп}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$, наружных ограждений, которыми должны обладать здания с тем или иным уровнем теплозащиты:

- наружных стен;
- бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий;
- перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами;
- окон и балконных дверей;
- фонарей.

3.3 (2.1*). Процедуру выбора для проектируемого объекта уровня теплозащиты следует начинать с рассмотрения обязательности, возможности и целесообразности принятия для объекта второго или третьего уровня.

Второй уровень теплозащиты следует обязательно принимать при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых зданий, лечебно-профилактических учреждений, детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов, если оно осуществляется за счёт государственных капитальных вложений или местных бюджетов, или если данный уровень теплозащиты установлен заданием на проектирование перечисленных объектов.

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых, общественных и производственных зданий рекомендуется принимать второй или третий уровень теплозащиты в следующих случаях:

- при наличии экономической целесообразности;
 - при расположении здания в районе с недостаточной свободной мощностью центральных тепловых сетей и с ограниченной пропускной способностью системы газоснабжения;
 - при использовании в качестве источников теплоснабжения теплогенераторов на жидком или твёрдом топливе;
 - при вынужденном применении для теплоснабжения электроэнергии;
- при этом уровень теплозащиты должен быть указан в задании на проектирование объекта.

Второй или третий уровень теплозащиты для зданий различного назначения, сооружаемых за счёт внебюджетных ассигнований, допускается принимать по решению заказчика объекта без обоснований с внесением указания требуемого уровня в задание на проектирование.

3.4. Если для проектируемого здания в результате анализа не представляется возможным выбрать второй или третий уровень теплозащиты, то принимают решение проектировать здание с первым уровнем теплозащиты.

4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ВЫБРАННЫМ УРОВНЕМ

4.1. Потери теплоты в отопительный период через наружные ограждающие конструкции составляют 60-70% от общего расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, а потери холода в перегревной период года доходят до 80% от общего энергопотребления на кондиционирование и вентиляцию.

Поэтому следует принимать рациональные компоновочные и конструктивные решения, при которых потоки теплоты через строительную оболочку здания будут сокращены до допустимых и соответствующих принятому уровню теплозащиты.

4.2. Тепловую защиту здания разрабатывают в следующей последовательности:

а) принимают рациональные объёмно-планировочные и конструктивные решения здания;

б) определяют в соответствии с выбранным уровнем теплозащиты нормируемые сопротивления теплопередаче всех наружных ограждений;

в) выбирают и разрабатывают конструктивные решения наружных ограждений, имеющих требуемое сопротивление теплопередаче;

г) проверяют принятые конструкции ограждений на соответствие предъявляемым требованиям и закладывают в разрабатываемый проект.

4.3. При выборе объёмно-планировочных решений и компоновке здания следует стремиться к реализации следующих энергосберегающих решений:

а) добиваться возможно меньших площадей наружных ограждений, уменьшение числа углов, увеличение ширины здания;

б) более тёплые и влажные помещения предпочтительно размещать у внутренних стен здания;

в) применять меридиональную или близкую к ней ориентацию продольного фасада здания;

г) помещения с повышенными тепловыделениями располагать на стороне северных фасадов здания;

д) при возможности блокирование зданий с обеспечением надёжного примыкания соседних зданий;

е) избегать размещения окон по обеим наружным стенам угловых помещений;

ж) принимать светопрёмы с минимально-достаточными размерами по условиям создаваемой освещённости;

з) применять солнцезащитные устройства, не препятствующие улавливанию солнечной энергии помещениями в холодный период года.

4.4. Основные конструктивные решения при обеспечении требуемой тепловой защиты здания следует принимать, учитывая следующие положения:

а) ограждающие конструкции должны обладать необходимой прочностью, долговечностью, удовлетворять архитектурным, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим требованиям. Материалы конструкций должны иметь надлежащую морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, стойкость к разрушающему воздействию окружающей среды;

б) следует применять, как правило, типовые технические решения, изделия и материалы комплектной поставки со стабильными теплоизоляционными свойствами и возможностью взаимозаменяемости применяемых элементов;

в) использовать эффективные теплоизоляционные материалы с минимумом теплопроводных включений и стыковых соединений и увеличенным сопротивлением паропроницанию;

г) ограждающие конструкции, контактирующие с грунтом, следует предохранять от грунтовой влаги путём устройства гидроизоляции;

д) предусматривать эксплуатационно-надежную герметизацию стыковых соединений и швов в наружных стенах и покрытиях.

4.5 (2.1*). В соответствии с выбранным уровнем теплозащиты определяют нормируемые значения приведённых сопротивлений теплопередаче R_o^{TP} наружных ограждающих конструкций по таблицам 2а*, 2б* или 2в* КМК 2.01.04-97*.

Рассчитывают для заданного района расположения проектируемого объекта число градусо-суток отопительного периода D_d , °С·сут, по формуле:

$$D_d = (t_{в.ср} - t_{от.пер}) z_{от.пер} \quad (4.1)$$

где: $t_{в.ср}$ – расчётная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С;

$t_{от.пер}$, $z_{от.пер}$ – средняя температура, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода.

Температуру $t_{в.ср}$ принимают равной:

- для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов – 20°С;
- для других общественных, а также административных и бытовых зданий – 18°С;
- для производственных зданий – по нормам их проектирования.

Значения $t_{от.пер}$ и $z_{от.пер}$ принимают по табл.4 КМК 2.01.01-94 как для периода со средней суточной температурой воздуха:

- не более 12°C – при проектировании лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов;
- не более 10°C – в остальных случаях.

По таблице 2а* (2б* или 2в*) КМК 2.01.04-97* находят для вычисленного значения D_d величины $R_{0.тп}$ ограждающих конструкций. Для покрытий и перекрытий предварительно находят значение коэффициента n по табл. 3* КМК 2.01.04-97*, зависящего от их расположения по отношению к наружному воздуху, и вычисляют величину $R_{0.тп}$ по формуле, приведённой в таблице 2а* (2б* или 2в*).

Требуемое сопротивление теплопередаче входных дверей определяют по формуле:

$$R_{0.д}^{тп} = 0,6 R_{0.к}^{тп} , \quad (4.2)$$

где $R_{0.к}^{тп}$ - требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен здания, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$.

4.6 (2.2*). Если в здании имеются помещения, соседствующие на одном этаже с более прохладными помещениями, в которых внутренняя температура ниже на 10°C и более, то определяют также нормируемое сопротивление теплопередаче внутреннего ограждения разделяющего такие помещения, по формуле:

$$R_{0.см}^{тп} = \frac{t_{в} - t_{в.см}}{\Delta t^н \cdot \alpha_{в}} , \quad (4.3)$$

где: $t_{в}$, $t_{в.см}$ – расчётная температура внутреннего воздуха более тёплого и более прохладного помещения, °C;

$\Delta t^н$, $\alpha_{в}$ – нормируемый температурный перепад, °C, и коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности разделяющего ограждения со стороны более тёплого помещения, $Вт / (м^2 \cdot ^\circ C)$, определяемые по табл.4* и 5* КМК 2.01.04-97*.

Если такие помещения расположены одно над другим то расчёты $R_{0.см}^{тп}$ по формуле (4.3) выполняют при $(t_{в} - t_{в.см}) \geq 5^\circ C$.

4.7. Для каждого вида ограждающей конструкции здания осуществляют разработку конструктивного решения с выбором конкретных материалов, их толщин, расположения, способов крепления и принятием других необходимых решений.

Прежде всего, устанавливают расчётную относительную влажность внутреннего воздуха (по табл.4* КМК 2.01.04-97*) и ей соответствующий параметр условий эксплуатации (по п.1.3 КМК 2.01.04-97*) ограждающих конструкций, от которого зависят значения теплотехнических показателей подбираемых строительных материалов и конструкций.

Выполняя теплотехнические расчеты, добиваются соблюдения условия, чтобы фактическое приведённое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0^{des} находилось в диапазоне: от $0,95 R_0^{TP}$ до $1,1 R_0^{TP}$.

4.8 (2.7, 2.8*). Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 учитывает наличие в ограждении неоднородных по площади ограждения теплопроводных включений и определяется следующим образом.

Если конструкция однослойная или состоит из n однородных слоёв, то величина R_0 определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_v} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (4.4)$$

где: α_v, α_n – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C);

R_i – термическое сопротивление каждого из слоёв конструкции, м²·°C/Вт.

Если в многослойной ограждающей конструкции имеется слой (слои), состоящий из участков различных материалов, то её приведённое сопротивление определяют в следующей последовательности:

а) Для каждого неоднородного слоя находят средневзвешенное по площади условное значение коэффициента теплопроводности, Вт/(м·°C) по формуле:

$$\lambda_{i,y} = f_1 \cdot \lambda_1 + f_2 \cdot \lambda_2 + \dots + f_k \cdot \lambda_k, \quad (4.5)$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ – коэффициенты теплопроводности различных участков в выделенном слое, Вт/(м·°C);

f_1, f_2, \dots, f_k – доля площади слоя, занимаемая материалом, имеющим соответствующую теплопроводность,

и вычисляют условное термическое сопротивление неоднородного слоя:

$$R_{i,y} = \frac{\delta_i}{\lambda_{i,y}} \quad (4.6)$$

б) Суммируют термические сопротивления всех однородных и неоднородных слоёв в ограждающей конструкции. Тем самым получают приближённое (с недостатком) значение её термического сопротивления R_a , м²·°C/Вт.

в) Приближённое значение термического сопротивления конструкции (с избытком) R_b , м²·°C/Вт, рассчитывают по формуле:

$$R_B = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_n}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}, \quad (4.7)$$

где: F_1, F_2, \dots, F_n – площади отдельных участков ограждающей конструкции, имеющих различные термические сопротивления, m^2 ;

R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления всех слоёв конструкции на соответствующем участке, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

г) В завершение вычисляют расчётное значение термического сопротивления конструкции $R_K, m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ по формуле:

$$R_K = \frac{R_a + 2R_B}{3} \quad (4.8)$$

и расчётное значение приведённого сопротивления теплопередаче $R_0, m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, неоднородной ограждающей конструкции по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_K + \frac{1}{\alpha_H} \quad (4.9)$$

Пример расчёта приведённого сопротивления теплопередаче неоднородной конструкции приведён в подразделе "Примеры расчёта" (пример 1).

Для ограждающих конструкций с теплопроводными включениями сложной формы (рёбрами, термофладышами, жёсткими связями и т.д.) приведённое сопротивление теплопередаче определяют по формуле:

$$R_0 = R_0^{ycl} \cdot r, \quad (4.10)$$

где: R_0^{ycl} – сопротивление теплопередаче конструкции без учёта включений, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

r – коэффициент теплотехнической однородности конструкции.

Значение r определяют по приложению 3 КМК 2.01.04-97*, по данным источников информации по строительной теплотехнике или по результатам теплотехнических испытаний конструкций заводского изготовления.

4.9 (2.1*). При проектировании теплозащиты по второму или третьему уровню в обоснованных случаях допускается для отдельных ограждений принять конструкцию, соответствующую требованиям первого уровня теплозащиты, но при компенсации снижения теплозащитных свойств

соответствующим повышением приведённого сопротивления теплопередаче других ограждений здания.

При компенсации снижения приведённого сопротивления теплопередаче одного ограждения R_1 за счёт повышения теплозащитных свойств другого необходимое сопротивление теплопередаче другого ограждения R_2^{des} , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, рассчитывают по формуле:

$$R_2^{des} = \frac{1}{\frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{R_1^{tp}} - \frac{1}{R_1^{des}} \right) + \frac{1}{R_2^{tp}}}, \quad (4.11)$$

где: F_1, F_2 – площади ограждений со сниженным и увеличиваемым сопротивлением теплопередаче, m^2 ;

R_1^{tp}, R_2^{tp} – требуемые приведённые сопротивления теплопередаче соответствующих ограждений по принятому для здания уровню теплозащиты, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$;

R_1^{des} – принятое в проекте сниженное значение приведённого сопротивления теплопередаче первого ограждения, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$.

4.10 (2.1*, 2.2*, 2.9*, Раздел 3). Принятые конструктивные решения наружных ограждающих конструкций необходимо проверить на соблюдение нормативных требований:

- а) по паропроницаемости;
- б) по соблюдению нормативного температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции Δt^H , $^\circ C$, приведённого в табл.4* КМК 2.01.04.97* и основанного на санитарно-гигиенических требованиях;
- в) на невыпадение росы на внутренних поверхностях ограждений по теплопроводному включению (элементы антисейсмического пояса и фахверка, диафрагмы, сквозные швы из раствора и др.);
- г) на теплоустойчивость по летним условиям.

Проверка ограждающей конструкции на паропроницаемость описана в разделе 8 данного Пособия, а на теплоустойчивость – в разделе 3 КМК 2.01.04-97*.

Если выбранная конструкция наружного ограждения имеет значение приведенного сопротивления теплопередаче не ниже требований, установленных первым уровнем теплозащиты, то она, безусловно, удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям по неперевышению нормируемого температурного перепада Δt^H .

Проверку на невыпадение росы на внутренней поверхности наружных ограждений по теплопроводному включению выполняют (кроме

вертикальных светопрозрачных конструкций) в следующей последовательности:

- а) рассчитывают в соответствии с п.2.10 КМК 2.01.04-97* температуру внутренней поверхности ограждения по теплопроводному включению $\tau'_в$, °С;
- б) принимают расчётное значение относительной влажности внутреннего воздуха $\phi_в$, %, в соответствии с примечанием к табл.4* КМК 2.01.04-97*;
- в) находят значение температуры точки росы t_p , °С, по рекомендациям п.2.11;
- г) если $\tau'_в > t_p$, то выпадение росы на поверхности ограждения не произойдёт. Иначе, в выбранную конструкцию наружного ограждения вносят необходимые изменения.

Пример выполнения проверки на отсутствие выпадения росы приведён в подразделе "Примеры расчёта" (Пример 2).

Примеры расчёта

Пример 1. Определение приведённого сопротивления теплопередаче неоднородной ограждающей конструкции.

Задача расчёта

Требуется определить приведённое сопротивление теплопередаче многослойной наружной стены комплексной конструкции с эффективной теплоизоляцией для здания колледжа в г.Намангане.

Исходные данные

Конструкция наружной стены представлена на рис.4.1. Неоднородным является несущий слой, расположенный между слоем внутренней штукатурки и слоем теплоизоляции и состоящий из участков кирпичной кладки и участков из бетона. Выделенный модульный фрагмент стены имеет такие же соотношения площадей различных конструктивных участков, что и вся стена в целом.

Порядок расчёта

Учитывая, что здание принадлежит колледжу и находится в г.Намангане, в соответствии с п.4.5 устанавливают:

- требуемый уровень теплозащиты – второй;
- расчётная температура внутреннего воздуха $t_{в,ср} = 20^\circ\text{C}$;

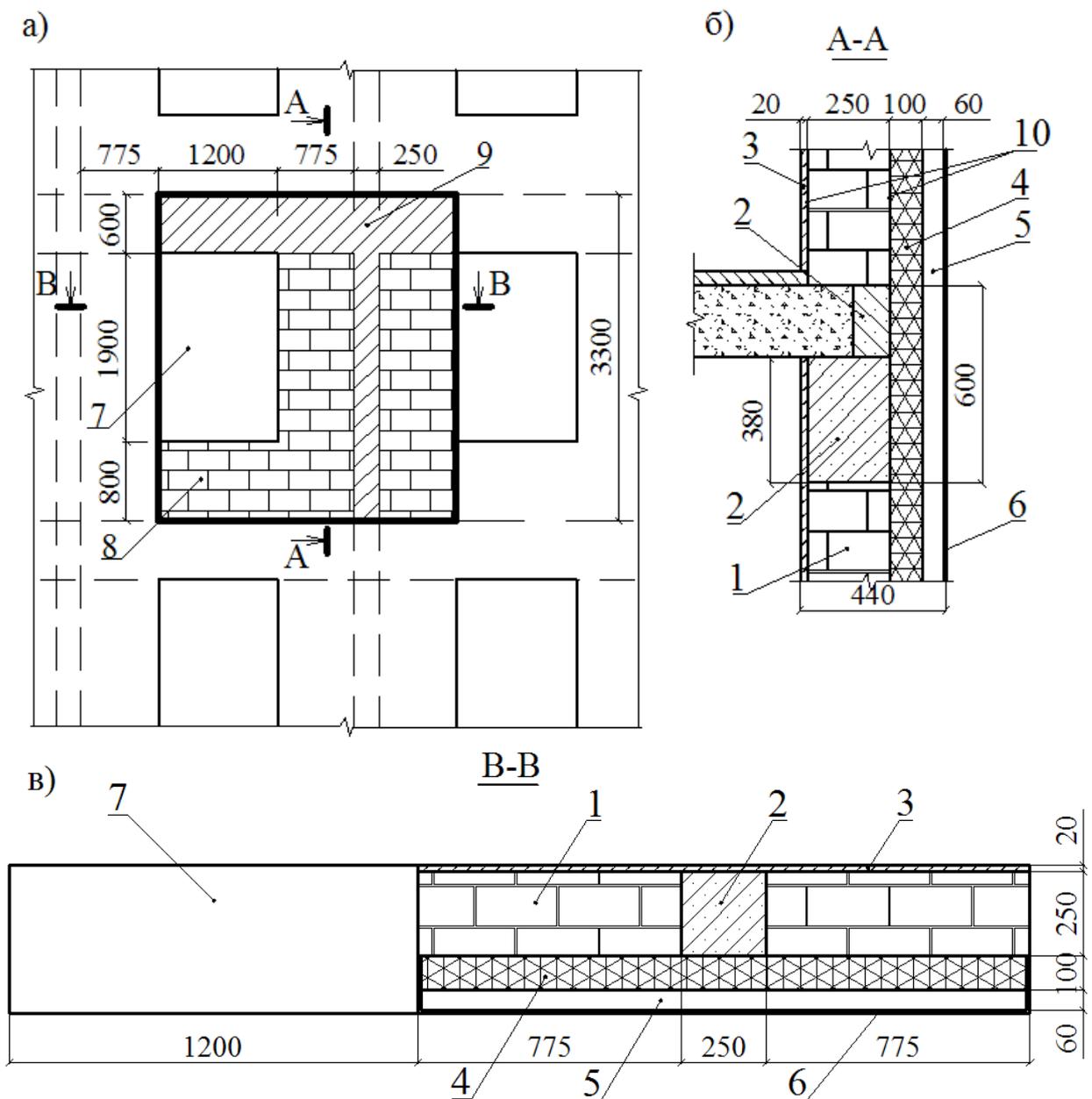


Рис. 4.1. Модульный фрагмент фасада здания (а) и его сечения А-А (б) и В-В (в)

1 – кирпичная кладка; 2 – железобетон; 3 – цементно-песчаный раствор; 4 – минераловатная плита; 5 – вентилируемая прослойка; 6 – фасадный экран; 7 – оконный проём; 8 – участки наружной стены из кирпичной кладки; 9 – участки стены, содержащие железобетонные изделия (сердечники, антисейсмический пояс, плита перекрытия); 10 – границы слоя из неоднородных материалов.

средняя температура отопительного периода и его продолжительность по табл.4 КМК 2.01.01-94:

$$t_{от.пер} = +3,1^{\circ}\text{C}, z_{от.пер} = 159 \text{ сут};$$

число градусо-суток отопительного периода по формуле (4.1):

$$D_d = (t_{в.ср} - t_{от.пер}) z_{от.пер} = (20 - 3,1) \cdot 159 = 2687 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут};$$

требуемое значение приведённого сопротивления теплопередаче наружной стены, согласно табл.26* КМК 2.01.04-97*:

$$R_o^{тp} = 1,8 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}.$$

Расчётная влажность внутреннего воздуха для колледжей, согласно табл.4* КМК 2.01.04-97*, равна $\phi_v = 55\%$ и условия эксплуатации наружных ограждений – соответствуют параметрам "А" (согласно п.1.3 КМК 2.01.04-97*).

Находят по прил.1 КМК 2.01.04-97* коэффициенты теплопроводности материалов, используемых в конструкции наружной стены:

кирпичной кладки – $\lambda_k = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

железобетона – $\lambda_b = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

цементно-песчаного раствора – $\lambda_p = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

минераловатной плиты ($\rho = 150 \text{ кг}/\text{м}^3$) – $\lambda_t = 0,068 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Для неоднородного несущего слоя стены, в соответствии с п.4.8 рассчитывают площади участков, занимаемых кирпичной кладкой и бетоном в модульном фрагменте:

$$F_k = 1,2 \cdot 0,8 + 1,55(3,3 - 0,6) = 5,145 \text{ м}^2;$$

$$F_b = 0,3 \cdot 0,6 + 0,25(3,3 - 0,6) = 2,475 \text{ м}^2;$$

и определяют соответствующие доли площадей:

$$f_k = \frac{F_k}{F_k + F_b} = \frac{5,145}{5,145 + 2,475} = 0,675;$$

$$f_b = \frac{F_b}{F_k + F_b} = \frac{2,475}{5,145 + 2,475} = 0,325.$$

По формуле (4.5) находят для неоднородного слоя условную величину коэффициента теплопроводности:

$$\lambda_{2,y} = f_k \cdot \lambda_k + f_b \cdot \lambda_b = 0,675 \cdot 0,7 + 0,325 \cdot 1,92 = 1,097 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

Определяют минимально возможное значение термического сопротивления стены, как сумму термических сопротивлений всех её слоёв, включая условное значение для неоднородного слоя:

$$R_a = R_1 + R_{2,y} + R_3 = \frac{\delta_1}{\lambda_p} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2,y}} + \frac{\delta_3}{\lambda_r} =$$

$$= \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,25}{1,097} + \frac{0,1}{0,068} = 1,7248 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Рассчитывают термическое сопротивление конструкции стены на участке, содержащем кирпичную кладку и на участке, содержащем бетонные изделия:

$$R_k = \frac{\delta_1}{\lambda_p} + \frac{\delta_2}{\lambda_k} + \frac{\delta_3}{\lambda_r} = \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,25}{0,70} + \frac{0,10}{0,068} = 1,854 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$$

$$R_6 = \frac{\delta_1}{\lambda_p} + \frac{\delta_2}{\lambda_6} + \frac{\delta_3}{\lambda_r} = \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,25}{1,92} + \frac{0,10}{0,068} = 1,627 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

По формуле (4.7) находят максимально возможное значение термического сопротивления стены:

$$R_b = \frac{F_k + F_6}{\frac{F_k}{R_k} + \frac{F_6}{R_6}} = \frac{5,145 + 2,475}{\frac{5,145}{1,854} + \frac{2,475}{1,627}} = 1,7736 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

В завершение, определяют расчётное значение термического сопротивления стены по формуле (4.8):

$$R_k = \frac{R_a + 2R_b}{3} = \frac{1,7248 + 2 \cdot 1,7736}{3} = 1,7573 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

и по формуле (4.9) вычисляют искомое приведённое сопротивление теплопередаче принятой конструкции наружной стены:

$$R_0^{\text{des}} = \frac{1}{\alpha_b} + R_k + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{8,7} + 1,7573 + \frac{1}{12} = 1,956 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Данное значение удовлетворяет требованиям, так как: $R_0^{\text{des}} = 1,086 R_0^{\text{тp}}$. Запас величины R_0^{des} составляет 8,6 % от требуемого значения.

Можно отметить также, что при отсутствии бетонных включений условное сопротивление теплопередаче наружной стены составило бы:

$$R_0^{ycl} = \frac{1}{\alpha_b} + R_k + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{8,7} + 1,854 + \frac{1}{12} = 2,052 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт},$$

то есть коэффициент теплотехнической неоднородности принятой конструкции равен:

$$r = \frac{R_0^{des}}{R_0^{ycl}} = \frac{1,956}{2,052} = 0,95.$$

Пример 2. Проверка отсутствия конденсатообразования на внутренней поверхности наружного ограждения.

Задача расчёта

Для жилого здания в г.Ташкенте определить температуру на внутренней поверхности однослойной кирпичной наружной стены по теплопроводному включению τ'_b и доказать, что она превышает температуру точки росы t_p внутреннего воздуха.

Исходные данные

Конструкция кирпичной стены представлена на рис. 4.2. Теплопроводным включением является линейный бетонный фрагмент прямоугольной формы шириной 600 мм, вклинившийся в кирпичную кладку на глубину 400 мм.

Порядок расчёта

Расчёт выполняют в последовательности, изложенной в п.4.10.

По табл.4 КМК 2.01.01-94 находят для г.Ташкента: расчётную температуру наружного воздуха по параметрам "Б": $t_n = -14^\circ\text{C}$.

Расчётную внутреннюю температуру для жилого здания принимают по п.4.5: $t_b = +20^\circ\text{C}$; расчётную влажность внутреннего воздуха по табл.4* КМК 2.01.04-97*: $\phi_b = 55\%$; коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружной стены по табл.5* КМК 2.01.04-97*: $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ и наружной поверхности по табл.6 КМК 2.01.04-97*: $\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

По прил.1* КМК 2.01.04.97* находят (при условиях эксплуатации "А") значения коэффициентов теплопроводности:

цементно-песчаного раствора – $\lambda_p = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;

кирпичной кладки – $\lambda_k = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$;

железобетона – $\lambda_6 = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

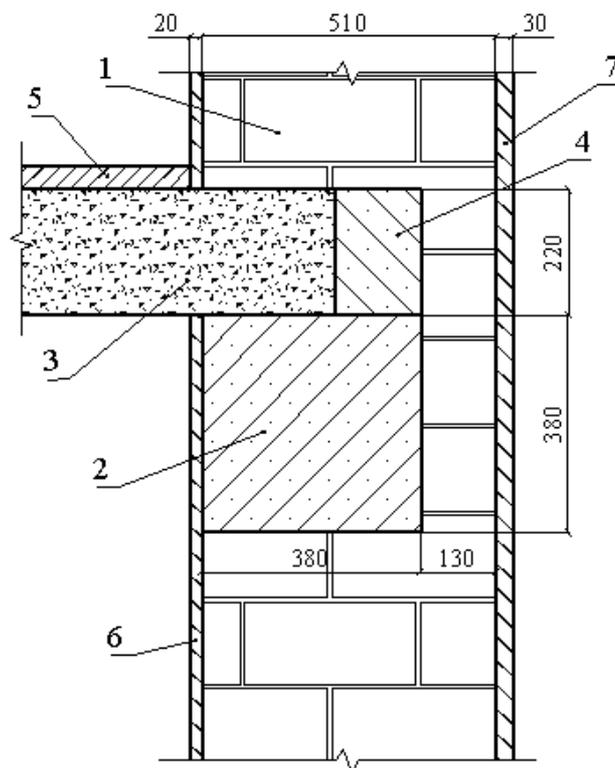


Рис. 4.2. Узел опирания перекрытия на ригель, размещённый в кирпичной кладке наружной стены
 1– кирпичная кладка; 2– железобетонный ригель; 3 – бетонная плита перекрытия (диафрагма); 4 – монолитный железобетон; 5 – покрытие пола; 6, 7 – отделочные слои из цементно-песчаного раствора.

Определяют два значения сопротивления теплопередаче наружной стены:

- вдали от места расположения теплопроводного включения:

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{\text{к}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,51}{0,7} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{1}{23} = 0,9528 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$$

- в месте расположения теплопроводного включения:

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{\delta_{2.б}}{\lambda_{\text{б}}} + \frac{\delta_{2.к}}{\lambda_{\text{к}}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{\text{п}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,38}{1,92} + \frac{0,13}{0,7} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{1}{23} = 0,6078 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Рассчитывают температуру внутренней поверхности $\tau'_в$ ограждения по теплопроводному включению, по формуле (13) КМК 2.01.04-97*:

$$\tau'_в = t_{\text{в}} - \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{R_0^{\text{усл}} \cdot \alpha_{\text{в}}} \left[1 + \eta \cdot \left(\frac{R_0^{\text{усл}}}{R_0'} - 1 \right) \right],$$

где n – коэффициент положения конструкции к наружному воздуху;

η – коэффициент, принимаемый по табл.8 КМК 2.01.04-97* в зависимости от схемы теплопроводного включения и его относительных размеров.

В рассматриваемом примере для наружной стены $n=1$ (согласно табл.3* КМК 2.01.04-97*), а схема теплопроводного включения – III (по прил.4 КМК 2.01.04-97*). По рис 4.2 находим ширину бетонного фрагмента $a = 0,6$ м, глубину внедрения в стену $c = 0,4$ м, толщину наружной стены $\delta = 0,56$ м. Относительные размеры теплопроводного включения: $a/\delta = 0,6/0,56 = 1,07$; $c/\delta = 0,4/0,56 = 0,71$.

По табл.8 КМК 2.01.04-97* для теплопроводного включения по схеме III при $a/\delta = 0,6/0,56 = 1,07$ и $c/\delta = 0,4/0,56 = 0,71$ находят: $\eta = 1,20$.

По вышеприведённой формуле рассчитывают температуру $\tau'_в$:

$$\tau'_в = 20 - \frac{1(20 - (-14))}{0,9528 \cdot 8,7} \left[1 + 1,20 \left(\frac{0,9528}{0,6078} - 1 \right) \right] = 13,1 \text{ °C}.$$

Определяют температуру точки росы t_p внутреннего воздуха:
- рассчитывают по формуле (2.2) величину M :

$$\begin{aligned} M &= \frac{657,5 + 10,245 \cdot t_b}{236 + t_b} - 2 + \lg(\varphi_b) = \\ &= \frac{657,5 + 10,245 \cdot 20}{236 + 20} - 2 + \lg(55) = 3,1092; \end{aligned}$$

- определяют t_p по формуле (2.1):

$$t_p = \frac{236 \cdot M - 657,5}{10,245 - M} = \frac{236 \cdot 3,1092 - 657,5}{10,245 - 3,1092} = 10,69 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Так как $\tau'_b = 13,1 \text{ } ^\circ\text{C} > t_p = 10,69 \text{ } ^\circ\text{C}$, то выпадение росы на внутренней поверхности рассмотренной наружной стены происходить не будет.

5. НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ С ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ

5.1. Доля тепловых потерь через наружные стены составляет порядка 30% от общих потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции здания.

Однослойные конструкции наружных стен перестают отвечать постоянно ужесточающимся требованиям по сокращению энергопотребления объектами строительства.

Современному уровню теплозащиты зданий лучше всего отвечают стены, содержащие, помимо несущего, дополнительный слой из эффективного теплоизоляционного материала с коэффициентом теплопроводности не более $0,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$. В качестве такого утеплителя используют плиты из минеральной ваты или другого негорючего материала.

5.2. Взаимное расположение отдельных слоёв ограждающей конструкции должно способствовать высыханию конструкции и исключить возможность накопления влаги в ограждении в процессе эксплуатации.

Для обеспечения лучших эксплуатационных характеристик в многослойных стенах с внутренней стороны следует располагать слои большей теплопроводности и с большим сопротивлением паропрооницанию, чем наружные слои.

Устройство теплоизоляции снаружи:

- защищает стену от переменного замерзания и оттаивания;
- уменьшает температурные колебания основного массива стены, что благоприятствует увеличению долговечности несущей части наружной стены;
- сдвигает точку росы во внешний теплоизоляционный слой, благодаря чему исключается отсыревание внутренней части стены и создаётся благоприятный режим паропрооницаемости;
- формирует более благоприятный микроклимат помещения;
- позволяет в ряде случаев улучшить оформление фасадов здания;
- не уменьшает площадь помещения.

Кроме перечисленного, при устройстве теплоизоляции снаружи толщина слоя утеплителя может быть уменьшена, так как в случае внутреннего расположения теплоизоляции возрастает отрицательное влияние теплопроводных включений и неоднородностей на сопротивление теплопередаче стены. Наконец, наружная теплоизоляция обеспечивает в несколько раз более медленное остывание здания при аварии отопительной системы.

5.3. Тепловую изоляцию наружных стен следует, как правило, проектировать непрерывной в плоскости фасада здания. Такие элементы

ограждений, как внутренние перегородки, колонны, балки, вентиляционные каналы и другие, не должны нарушать целостности слоя теплоизоляции. Каналы и трубы, которые частично проходят в толще ограждений, следует располагать до тёплой поверхности теплоизоляции. Следует обеспечить плотное примыкание теплоизоляции к сквозным теплопроводным включениям.

5.4. Наружные стены с эффективной теплоизоляцией могут выполняться следующих видов:

- с оштукатуриванием фасадов;
- с отстоящим фасадным экраном;
- с облицовкой кирпичом.

Стены с наружным теплоизоляционным слоем с оштукатуриванием фасадов допустимы при достаточной паропроницаемости и долговечности штукатурных слоёв.

Стены с навесной теплоизоляцией и отстоящим фасадным экраном (вентилируемым фасадом) обеспечивают беспрепятственную миграцию пара. Фасадный экран достаточно защищает теплоизоляцию от атмосферных осадков и механических повреждений.

Стены с облицовкой кирпичом являются промежуточным решением. Необходимо выбирать конструкцию с достаточной паропроницаемостью. Кроме того, высота облицовочного слоя, ввиду отличий его температурно-влажностных деформаций от деформаций основной стены, ограничивается 2-3 этажами.

Решения по применению эффективной теплоизоляции

5.5. Теплоизоляционные материалы для наружного утепления стен должны иметь коэффициент теплопроводности не более $0,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, соответствовать требованиям пожарной безопасности, требованиям санитарно-гигиенических норм и быть допущены к поставке и использованию для данного вида работ. Предпочтительны негорючие жесткие (сжимаемостью менее 6%) плиты из минеральной ваты со стабильными физикомеханическими и теплотехническими свойствами, плотностью не менее $100 \text{ кг}/\text{м}^3$ и не более $250 \text{ кг}/\text{м}^3$. Рекомендованы к применению, кроме стен с оштукатуренным фасадом, также теплоизоляционные плиты из стеклянного штапельного волокна, негорючие, но более деформативные и с большей паропроницаемостью.

5.6. При выборе марки утеплителя следует учитывать, что материалы большей плотности характеризуются более высокой долговечностью (т.е. сроком эксплуатации без разрушения).

При выборе вида теплоизоляции следует учитывать особенности условий её эксплуатации. Например, если теплоизоляция подвергается механической нагрузке (в стенах с оштукатуриванием фасадов), то она

должна обладать необходимой прочностью на отрыв слоёв и прочностью на сжатие, в том числе после сорбционного увлажнения.

Толщину утепляющего слоя следует определять на основании теплотехнических расчётов, принимая ближайшее большее значение толщины согласно номенклатуре теплоизоляционных изделий.

5.7 (Раздел 6). Стены с эффективной теплоизоляцией следует рассчитывать на паропроницаемость согласно раздела 6 КМК 2.01.04-97*, вводя при необходимости в конструкцию наружной стены пароизоляционные мембраны (со стороны помещения).

Не требуется проверять на паропроницаемость двухслойные наружные стены помещений с сухим или нормальным режимом, если внутренний слой стены имеет сопротивление паропропусканию более $1,6 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$.

Стены с теплоизолированным и оштукатуренным фасадом

5.8. Системы утепления с оштукатуриванием фасадов предусматривают клеевое и (или) механическое с помощью дюбелей закрепление утеплителя к несущей стене с последующим покрытием его штукатурными слоями (см. рис. 5.1).

В данной теплоизолированной конструкции минераловатная плита выполняет не только теплоизолирующие функции, но она также служит основанием для штукатурных слоёв.

Помимо элементов, представленных на рис. 5.1, в системе с теплоизоляцией с оштукатуриванием фасадов используется целый ряд вспомогательных изделий: цокольные и угловые деформационные профили, соединительные элементы, уплотнительные ленты, краски и др.

Кроме удовлетворения прочностным требованиям, стены с теплоизоляцией и оштукатуриванием фасадов должны обязательно проверяться на соответствие требованиям раздела 6 КМК 2.01.04-97* по паропроницаемости наружного ограждения по условиям годового баланса влагонакопления.

5.9. Для стен с оштукатуриванием фасадов необходимо в качестве теплоизоляции применять жёсткие минераловатные плиты с прочностью на сжатие не менее 80 кПа, прочностью на отрыв слоёв – не менее 15 кПа.

Необходимо также обеспечить ряд требований, в том числе следующие:

- прочность сцепления с основанием стены и защитно-декоративным слоем плит утеплителя на минеральной основе – не менее 15 кПа;
- толщина армированного гидрозащитного слоя должна быть не менее 3 мм при применении тонкослойных штукатурок и не менее 5 мм при использовании красок;

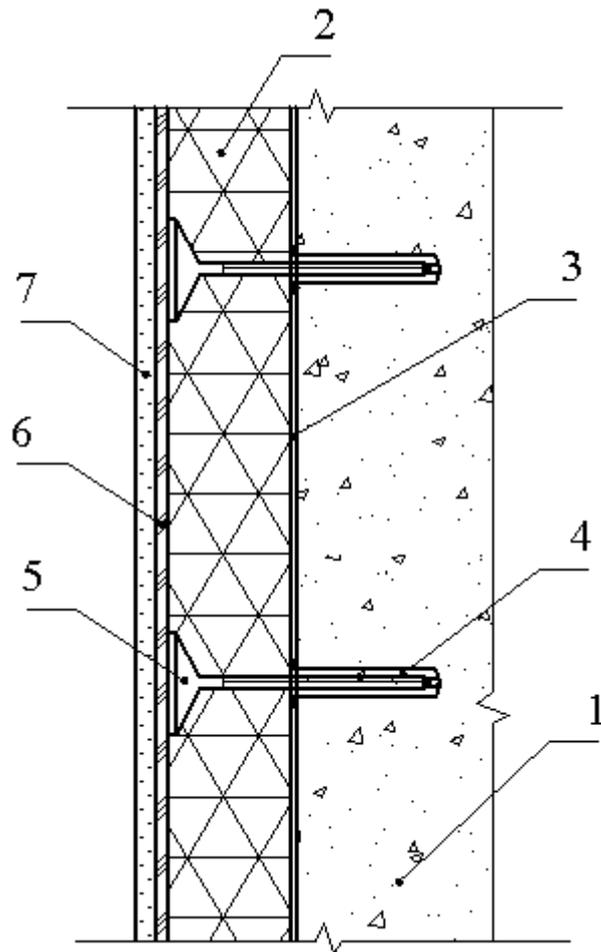


Рис. 5.1. Схема наружной стены с эффективной теплоизоляцией с оштукатуриванием фасада

1- несущая стена; 2 – жёсткая минераловатная плита; 3 – клей полимерцементный; 4 – полиамидный или полиэтиленовый дюбель; 5 – рандель; 6 – армирующая шпаклёвка с стеклотканевой сеткой; 7 – декоративный штукатурный слой

- морозостойкость декоративного гидрозащитного слоя: для цоколей – не менее 75 циклов; для стен – не менее 50 циклов;
- масса 1 м² системы (без выравнивающего слоя) с минеральным утеплителем – не менее 40 кг.

Характеристики некоторых марок минераловатных плит, рекомендованных к применению для стен с оштукатуриванием фасада приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1.

Фирма	Марка минераловатных плит	Наименование показателя					Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
		Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие при 10% деформации, кПа, не менее	Прочность на отрыв слоёв, кПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации		
					А	Б	
ROCKWOOL	ФАСАД БАТТС	145		15	0,042	0,045	
	ФАСАД ЛАМЕЛЛА	100		100	0,047	0,051	
ISOVER	Fasoterm PF	130	90	15	0,046	0,049	0,32
	Fasoterm NF	80	80	90	0,046	0,050	0,38

5.10 (1.2*). Для стен с оштукатуриванием фасадов требуется применять более дорогостоящие минераловатные плиты с увеличенной прочностью и в 2 раза большим содержанием органических связующих.

Работы по устройству теплоизоляции с оштукатуриванием фасадов весьма многодельны. При высыхании слоёв штукатурки не допускается падение на стену солнечных лучей или отступление от соблюдения многих операций, что может привести к появлению "теней" на готовой стене или пятен на отделочном покрытии. А местные исправления отделочного слоя, которые выделяются на общем фоне, недопустимы.

В процессе эксплуатации на оштукатуренных фасадах недопустимо устанавливать рекламы, телеантенны, кондиционеры и другие устройства. Срок службы данной системы не превышает 25 лет.

Кажущееся преимущество теплоизолированных стен с оштукатуриванием фасадов – их простота – на фоне многочисленных недостатков, в том числе вышеперечисленных, не позволяет рекомендовать данную конструктивную систему стен с эффективной теплоизоляцией к широкому внедрению.

Стены с теплоизоляцией и отстоящим фасадным экраном

5.11. Системы теплоизоляции с вентилируемым фасадом включают закреплённые снаружи на стене фахверк (металлический каркас), сплошной слой утеплителя и отстоящий фасадный экран из облицовочных плит (рис.5.2).

Несущий каркас состоит из кронштейнов, анкеров крепления, несущих профилей (направляющих), крепёжных деталей. К направляющим прикрепляются элементы фасадного экрана.

Область применения системы теплоизоляции с вентилируемым фасадом распространяется на все строительно-климатические зоны Республики Узбекистан и включает здания, наружные стены которых имеют плотность не менее 600 кг/м^3 .

5.12. Создание за слоем эффективной теплоизоляции воздушной прослойки, вентилируемой наружным воздухом, полностью исключило возможность конденсации внутри теплоизоляции водяного пара, мигрирующего из помещения наружу. Фасадный экран не только предохраняет утеплитель от механических повреждений, атмосферных осадков, а также ветровой и радиационной эрозии, но и позволяет придать фасадам разнообразную выразительность и архитектурный облик.

5.13 (1.8*). При проектировании стен с навесной эффективной теплоизоляцией и отстоящим фасадным экраном следует применять негорючие материалы, имеющие надлежащую морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, стойкость против коррозии, высокой температуры, солнечной радиации и других разрушающих воздействий окружающей среды.

Конструкция несущего каркаса должна обеспечивать возможность регулирования положения направляющих в трёх плоскостях. Несущие профили и кронштейны следует применять из алюминиевых сплавов или коррозионностойкой стали. Направляющие следует разбивать на температурные блоки площадью не более 25 м^2 , а облицовочные плиты или панели должны крепиться только на направляющих одного блока. Конструкция крепления облицовочных элементов к направляющим и самих направляющих должна обеспечивать свободное их перемещение в плоскости стены при температурных климатических воздействиях. Для крепления элементов несущего каркаса между собой следует применять болтовые соединения или соединения на заклёпках.

Для создания теплоизоляционного слоя следует применять жёсткие плиты из минеральной (базальтовой) ваты плотностью не менее 75 кг/м^3 и не более 200 кг/м^3 содержанием органических веществ не более $2,3 \div 2,8 \%$. Использование пенополистерола в качестве материала теплоизоляционного

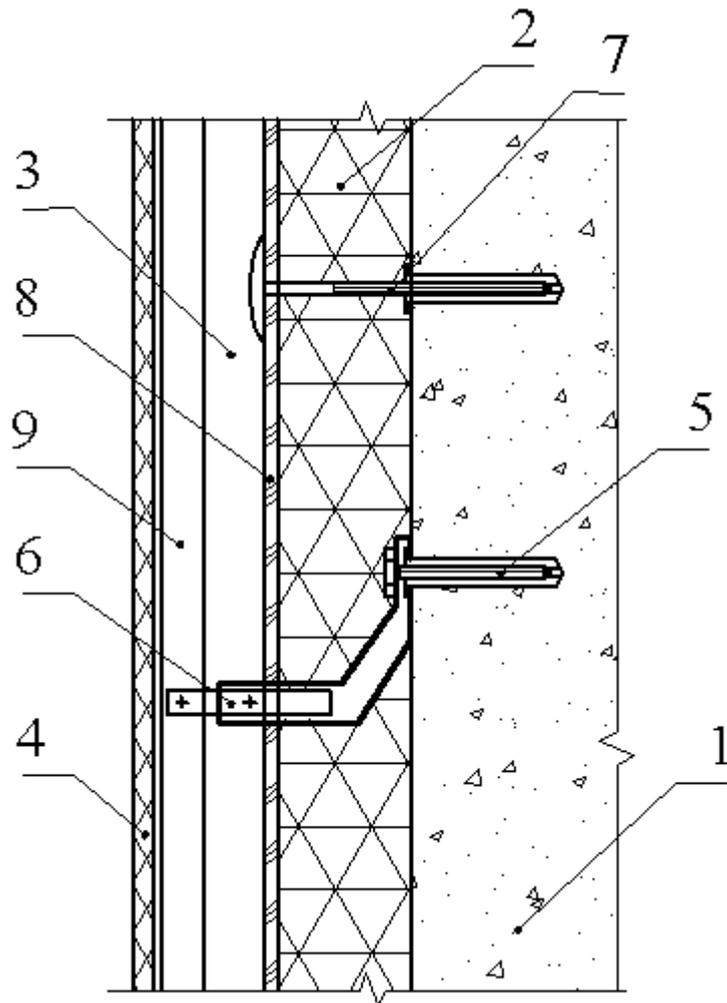


Рис. 5.2. Схема наружной стены с теплоизоляцией и отстоящим фасадным экраном (вентилируемый фасад)

1 – несущая стена; 2 – минераловатная плита; 3 – вентиляруемый зазор; 4 – фасадный экран; 5 – анкер фахверка; 6 – несущий кронштейн; 7 – тарельчатый дюбель; 8 – ветрозащитный слой; 9 – направляющая

слоя не допускается, также как и других горючих материалов.

Характеристики некоторых марок минераловатных плит, рекомендованных для теплоизоляции стен с отстоящим фасадным экраном, приведены в табл.5.2.

Таблица 5.2

Фирма	Марка минераловатных плит	Наименование показателя						
		Плотность, кг/м ³	Горючесть	Прочность на сжатие при 10% деформации, кПа, не менее	Прочность на отрыв слоёв, кПа	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°С), при условиях эксплуатации		Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
						А	Б	
ROCKWOOL	ВЕНТИ БАТТС	90	НГ	20	4	0,042	0,045	0,30
ТехноНИКОЛЬ	Техновент+	110	НГ	20	3	0,043	0,045	0,31
ISOVER	Ventiterm	100	НГ	10	3	0,042	0,045	0,33
KNAUF Insulation	FRE 75	75	НГ	4	3	0,043	0,046	0,35

Крепление плит теплоизоляционного слоя к основанию следует предусматривать не способом приклеивания, а механическим способом при помощи анкеров с шайбами. Максимальная толщина утеплителя в системе 150÷200 мм. Диаметр шайб анкера должен быть не менее 80 мм. Число анкеров должно быть не менее пяти на квадратный метр теплоизоляционного слоя. Следует обеспечить плотное примыкание плит утеплителя друг к другу и к основанию, а также к элементам несущего каркаса. Внешняя поверхность теплоизоляционного слоя должна быть закрыта ветрозащитной паропроницаемой сеткой (стеклосеткой) с ячейками не более 4х4 мм или стеклотканью. Перехлест полотна стеклоткани в зоне стыков должен составлять не более 100÷150 мм. Использование фольги и других паронепроницаемых плёночных материалов не допускается.

В качестве облицовочных панелей экрана могут использоваться следующие материалы:

- плиты, полученные прессованием из цементно-волокнистых материалов (фиброцемента);
- плиты из слоистых пластиков;
- композитные плиты из стеклопластиков;
- плиты из натурального камня;
- керамические плиты и плиты из керамогранита;
- черепичные плиты;
- панели кассетного типа из листовых алюминиевых сплавов;
- стекло закалённое ударопрочное и др.

Способ крепления облицовочных панелей экрана к направляющим несущего каркаса должен обеспечивать плотное прилегание к поверхности направляющих, отсутствие дребезга при воздействии ветра. Стыки

облицовочных панелей оставляют открытыми. Рекомендуется принимать размер зазоров 6 мм, но во всех случаях не более 10 мм (для защиты от погодных воздействий). Прочность и деформативность крепёжных элементов (кляммеров) должны назначаться с учётом возможных сейсмических воздействий и температурных деформаций элементов несущего каркаса для исключения:

- раскалывания плитки;
- среза заклёпок, крепящих кляммер;
- деформации кляммера;
- самопроизвольного выпадения панелей или плит.

Кляммеры для крепления облицовочных панелей экрана должны быть изготовлены только из коррозионностойких сталей аустенитного класса.

5.14 (1.8*). Функция воздушного зазора состоит в том, чтобы с помощью проходящего через него наружного воздуха выводить во внешнюю среду водяной пар, постоянно поступающий в зазор через наружную стену.

Вентилируемая воздушная прослойка между теплоизоляцией и фасадным экраном должны быть, в среднем, толщиной 60 мм, но не менее 45 и не более 80 мм.

Нижние вентиляционные отверстия, как правило, следует совмещать с цоколем, а верхние – с карнизами, причём нижние отверстия должны выполнять функции вентиляции и отвода влаги. Ширина нижних и верхних вентиляционных щелей должна быть не менее 30 мм.

Примеры конструктивного решения нижних и верхних краёв системы теплозащиты с вентилируемым фасадом представлен на рис. 5.3.

5.15. К преимуществам стен с теплоизоляцией и вентилируемым фасадом относятся следующие их качества:

- при строительстве не требуется выравнивание поверхности несущих стен;
- длительный срок эксплуатации системы, до 40 лет и более;
- здание одновременно получает дополнительную звуковую изоляцию;
- в летнюю жару экран препятствует проникновению тепла через стену в помещения.

Недостатком стен с теплоизоляцией и вентилируемым фасадом является повышенная стоимость. Этот вариант утепления по литературным данным дороже, чем с оштукатуриванием фасадов, более чем в 1,5 раза.

5.16. При проектировании стен с вентилируемым фасадом конструктивные и цветовые решения должны быть проработаны в увязке с общим архитектурным замыслом здания, его функциональным назначением и объёмно-планировочным решением.

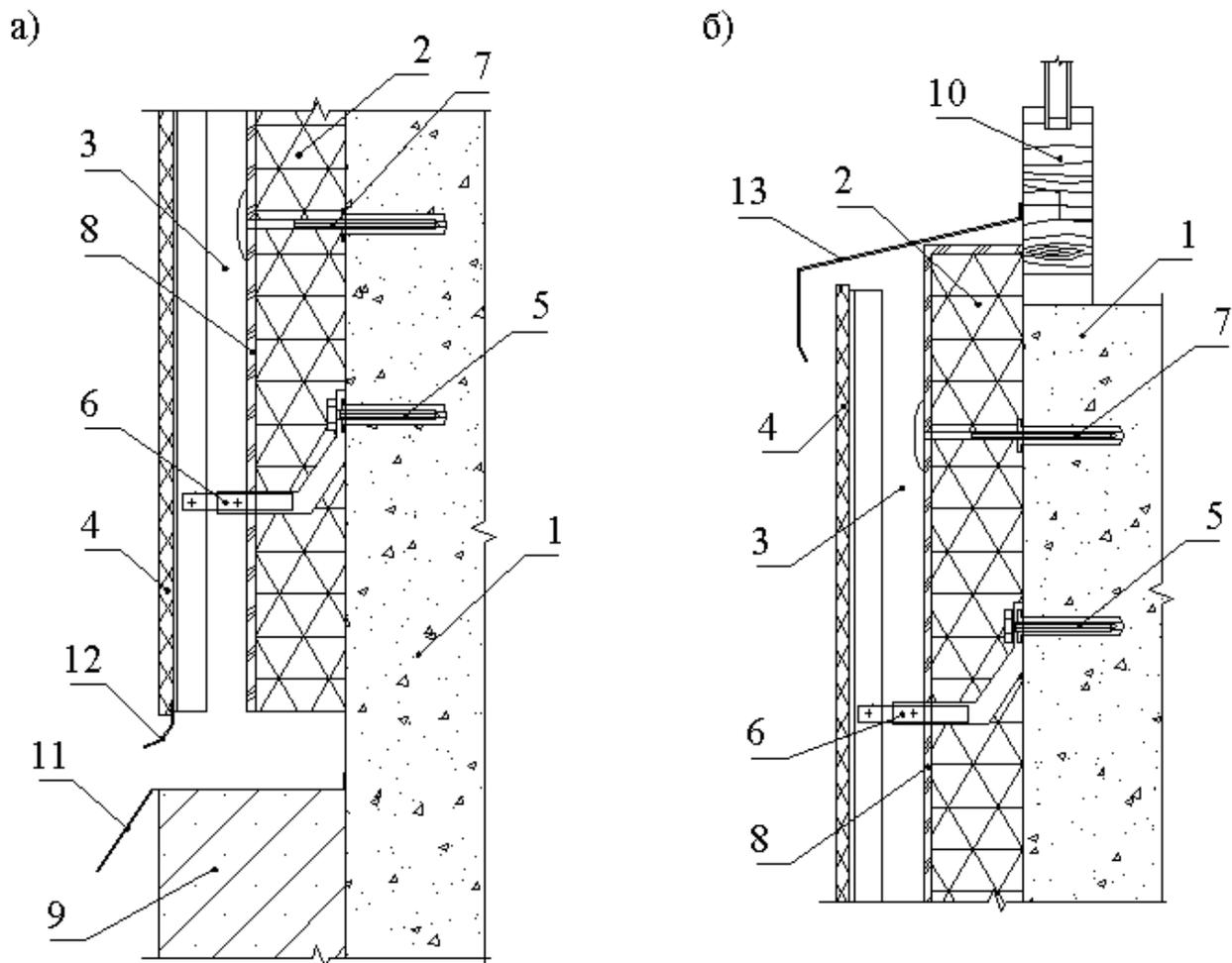


Рис. 5.3. Примеры конструктивного решения стыков теплоизоляции с цоколем (а) и с вышерасположенным оконным проёмом (б)
 1 – несущая стена; 2 – минераловатная плита; 3 – вентилируемый зазор; 4 – фасадный экран; 5 – анкер фахверка; 6 – несущий кронштейн; 7 – тарельчатый дюбель; 8 – ветрозащитный слой; 9 – направляющая; 10 – оконная рама; 11 – отделка – слив цоколя; 12 – слив; 13 – обрамление – слив оконного проёма; 14 – цоколь здания

Рабочий проект стен с вентилируемым фасадом следует разрабатывать в разделе "Архитектурно-строительные решения". В проекте должны содержаться:

- разбивочные чертежи фасадов здания с указанием размеров облицовочных плит или панелей, их материала, цвета и способа крепления к несущему каркасу (включая материал, тип и размеры элементов крепления), расчётной ширины швов между облицовочными плитами;
- конструктивные решения по обрамлению примыканий к проёмам (окон и дверей), балконам, цоколю, кровле, карнизам или парапету и другим необходимым узлам;
- сведения о применяемом теплоизоляционном слое, его толщине, способе крепления к основанию, сведения о защитной сетке;
- конструктивные решения несущего каркаса (материал, тип и размеры применяемых профилей для несущих элементов, схемы расположения направляющих, сведения о крепёжных элементах конструкции, о типах и размерах кронштейнов и анкеров и величина расчётного усилия на выдёргивание);
- схемы расположения несущих и опорных кронштейнов на основании;
- сведения о расчётной ширине воздушного зазора, расположении и размерах отверстий для притока и оттока воздуха в воздушный зазор;
- спецификации.

5.17. При теплотехнических расчётах наружных стен с вентилируемым фасадом учитываются только слои, расположенные между внутренней поверхностью стены и вентилируемой воздушной прослойкой. В качестве исходных данных в расчётах следует принимать:

- температуру наружного воздуха в вентилируемой прослойке – равной расчётной температуре наружного воздуха t_n ;
- коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности теплоизоляционного слоя: $\alpha_n = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;
- коэффициент теплотехнической однородности двухслойной наружной стены с эффективным утеплителем: $r = 0,95$.

5.18. Процедура определения толщины утеплителя для наружной стены с вентилируемым фасадом включает:

1. Определение требуемого приведённого сопротивления теплопередаче стены $R_0^{\text{тп}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (см. раздел 3);
2. Вычисление требуемого условного сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{усл.тп}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

$$R_0^{\text{усл.тп}} = \frac{R_0^{\text{тп}}}{r}; \quad (5.1)$$

3. Определение требуемого термического сопротивления слоя утеплителя $R_{\text{ут}}^{\text{тп}}$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

$$R_{yt}^{tp} = R_0^{учл. tp} - R_k - \frac{1}{\alpha_v} - \frac{1}{\alpha_n}, \quad (5.2)$$

где R_k – термическое сопротивление основания (слоёв ограждения без слоя утеплителя), $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$.

4. Вычисление требуемой толщины утеплителя δ_{yt}^{tp} , м:

$$\delta_{yt}^{tp} = R_{yt}^{tp} \cdot \lambda_{yt}, \quad (5.3)$$

где λ_{yt} – коэффициент теплопроводности утеплителя, $Вт / (м \cdot ^\circ C)$.

5. Выбор типоразмера утеплителя с ближайшим большим значением толщины теплоизоляционной плиты δ_{yt}^{des} согласно номенклатурному ряду.

6. Определение фактического приведённого сопротивления теплопередаче наружной стены по формуле:

$$R_0^{des} = \left(\frac{1}{\alpha_v} + R_k + \frac{\delta_{yt}^{des}}{\lambda_{yt}} + \frac{1}{\alpha_n} \right) r. \quad (5.4)$$

Стены с теплоизоляцией, облицованные кирпичом

5.19. В данной системе на несущую наружную стену накладывается слой эффективного утеплителя и затем выполняется облицовка фасада из сплошного или пустотного кирпича толщиной 12 см (см. рис.5.4), опирающаяся на цоколь здания.

Устойчивость облицовочной кладки от действия отсоса ветра обеспечивается гибкими кронштейнами 5, располагаемыми через 5-8 рядов по высоте и прикреплёнными к несущей стене анкерами 4. На уровне кронштейнов в кирпичную кладку облицовки размещают конструктивно-арматурную сетку 6, сцепляемую с кронштейнами. Сетка состоит из двух продольных стержней $\varnothing 4$ мм, с расстоянием между ними 60 мм и поперечных стержней $\varnothing 3$ мм с шагом 300 мм.

В качестве теплоизоляции рекомендуется принимать, преимущественно, полужёсткие базальтовые минераловатные плиты с повышенным значением коэффициента паропроницаемости ($\mu \geq 0,56$ мг/(м·ч·Па)).

5.20. Рекомендуемая область применения стен с теплоизоляцией, облицованной кирпичом, ограничивается 2÷3 этажными зданиями из-за различия механических и температурно-влажностных деформаций основной несущей стены и облицовочного кирпичного слоя.

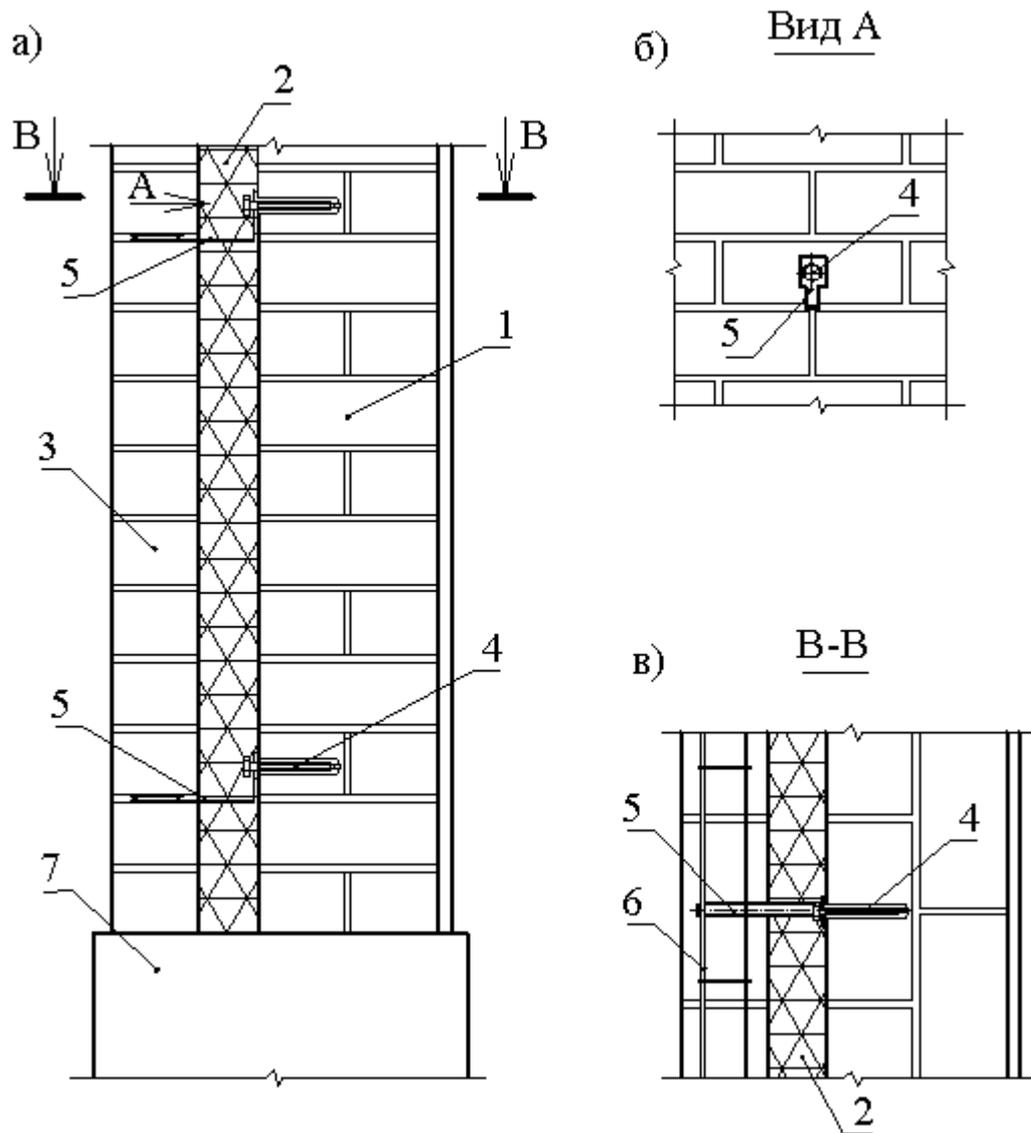


Рис. 5.4. Схема наружной стены с теплоизоляцией, облицованной кирпичом

а) разрез; б) вид А; в) разрез В-В

1 – несущая стена; 2 – минераловатная плита; 3 – облицовка из кирпича; 4 – анкер; 5 – гибкий кронштейн; 6 – арматурная сетка; 7 – цоколь здания

5.21. Стены с теплоизоляцией, облицованной кирпичом, необходимо обязательно рассчитывать на паропроницаемость в следующей последовательности.

Первоначально следует выяснить, будет или нет внутри многослойной конструкции конденсироваться водяной пар в наиболее холодный месяц года, руководствуясь разделом 8 данного Пособия.

Если конденсация пара возможна, то необходимо продолжить расчёты на допустимость некоторого накопления влаги в наружной стене (с последующим самопроизвольным её испарением и улетучиванием), по методике, изложенной в разделе 6 КМК 2.01.04-97*. При отрицательном результате в конструкции стены следует предусмотреть дополнительный слой пароизоляции перед теплоизоляционным слоем со стороны помещения.

6. ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ

6.1. Солнцезащитными называются устройства, устанавливаемые у световых проёмов здания в целях уменьшения поступающей в помещения солнечной радиации и избыточной инсоляции в тёплый период года.

Солнцезащитные устройства (СЗУ) применяют, если светопрёмы недостаточно затенены с помощью озеленения прилегающей территории.

6.2. Солнцезащитные устройства должны отвечать следующим требованиям:

- не препятствовать соблюдению нормируемой продолжительности инсоляции и проведению требуемых режимов проветривания помещения.
- обеспечивать беспрепятственное поступление солнечной энергии в холодный период года;
- при чрезвычайных ситуациях не препятствовать проникновению человека через световой проём;
- в зданиях высотой 5 этажей и более СЗУ следует выполнять из негорючих материалов;
- срок службы стационарных СЗУ должен составлять 25 лет и более, а межстекольных и внутренних – не менее 10 лет.

6.3. Солнцезащитные устройства классифицируются:

- по местоположению относительно светового проёма: наружные, внутренние и межстекольные СЗУ;
- по наличию подвижности: стационарные и регулируемые;
- по направлению затеняющих пластин: с горизонтальными, вертикальными и ячеистыми пластинчатыми элементами);
- по способу регулирования степени затенения: сдвигаемые, раскрываемые, лёгкосъёмные и с поворачивающимися затеняющими элементами;
- по геометрической форме на объёмные и плоскостные.

6.4. Для солнцезащиты помещений предпочтительно применять наружные регулируемые и стационарные затеняющие устройства. Во многих случаях целесообразным является сочетание на световых проёмах наружных и внутренних солнцезащитных устройств, в особенности при применении стационарных козырьков и рёбер.

Для возможности исключения затенения светопрёмов и максимального улавливания солнечной энергии следует применять регулируемые СЗУ, а стационарные солнцезащитные козырьки рассчитывать и размещать таким образом, чтобы они не препятствовали нормативной инсоляции защищаемых помещений солнечными лучами.

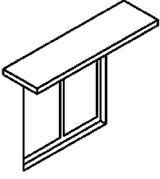
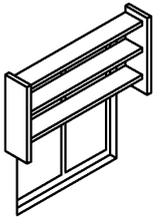
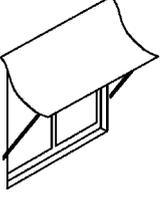
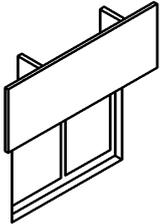
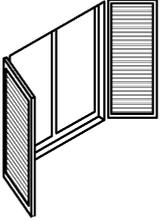
6.5. Требования к солнцезащитным устройствам в зависимости от назначения помещений представлены в табл. 6.1.

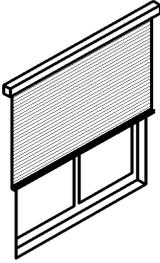
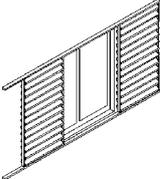
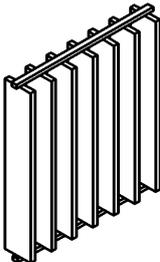
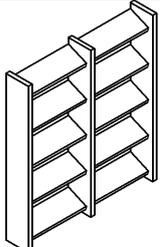
Таблица 6.1

Группа помещений	Наименование помещений	Требования к инсоляции и затенению	Требования к солнцезащитным устройствам	Границы применения солнцезащиты по ориентации
1	Жилые комнаты квартир, общежитий, гостиниц, спальни санаториев, домов отдыха, пансионатов. Спальные и игровые комнаты интернатов, детских садов и яслей. Палаты больниц. Летние помещения жилых, детских и больничных зданий	Защита от перегрева и обеспечение нормируемой инсоляции помещений.	Солнцезащитные устройства должны затенять светопроём в жаркий период года и не препятствовать нормируемой инсоляции помещений в расчётный период.	- в оазисах, предгорьях, низменных и горных долинах – 45°-315°; - в пустынях и полупустынях – 0°-360°; - высокогорье – 200°-290°
2	Рабочие помещения V-VIII разрядов зрительной работы. Рабочие помещения общественных зданий с КЕО $e_n^m \leq 1,0$. Вспомогательные помещения всех типов зданий: приёмные, вестибюли, холлы, кухни, столовые, и т.д. Помещения всех типов жилых зданий, лечебных и детских учреждений, не вошедших в 1 группу.	Защита от перегрева. Инсоляция не нормируется.	Солнцезащитные устройства должны затенять светопроём в жаркий период суток и года.	- то же
3	Рабочие помещения I-IV разрядов зрительной работы во всех типах производственных зданий. Рабочие помещения общественных зданий, для которых КЕО $e_n^m \geq 1,5$ Кабинеты и рабочие комнаты, проектные кабинеты в зданиях управлений, конструкторских и проектных организаций. Читальные залы библиотек. Спортивные залы. Актовые залы, залы заседаний.	Защита от перегрева и светового дискомфорта.	Солнцезащитные устройства должны исключать попадание прямых лучей в рабочие часы в течение всего года.	25°-335°
Примечание. Ориентация светопроёма определяется от северного направления меридиана.				

6.6. Общие характеристики различных типов СЗУ представлены в табл.6.2.

Таблица 6.2

Типы солнцезащитных устройств		Общая характеристика	Рекомендуемая ориентация светопроёма	Примечание	
Наименование	Схемы основных видов устройств				
1	2	3	4	5	6
Горизонтальные	Козырьки		Эффективная защита от высоких лучей солнца, обеспечение инсоляции помещения зимой. Оптимальные условия обзора внешней среды, проветривания помещений и околостекольного пространства.	ЮЮВ-ЮЮЗ (157°-203°)	Рекомендуется применять в сочетании с внутренней солнцезащитой
	Многоступенчатые козырьки		Эффективная защита от высоких лучей солнца, частично – от низких. Улучшение равномерности естественного освещения. Удовлетворительные условия обзора внешней среды, проветривания помещений и околостекольного пространства.	ЮВ-ЮЗ (135°-225°)	Рекомендуется применять в сочетании с внутренней солнцезащитой
	Маркизы		Эффективное затенение проёмов. Равномерная освещённость помещений рассеянным светом. Ухудшение проветривания околостекольного пространства и помещений.	Нет ограничений	
	Экраны		Высокая теплозащитная эффективность.	ВЮВ-ЗЮЗ (112°-248°)	Ухудшение условий естественной освещённости, обзора внешней среды, проветривания.
	Ставни		Эффективная теплозащита. Варьирование в широких пределах условий естественной освещённости, проветривания, зрительной связи с внешней средой в зависимости от структуры затеняющей плоскости и способа регулирования.	Гориз. пластины – ВЮВ-ЗЮЗ (112°-248°). Верт. пластины – ЗЮЗ-СЗ (248°-315°), СВ-ВЮВ (45°-112°)	

1	2	3	4	5	6
	Шторы		Варьирование в широких пределах теплозащитных, светозащитных, аэрационных качеств, обзора внешней среды в зависимости от структуры затеняющей плоскости и положения относительно остекления.	Нет ограничений	
	Жалюзи		Эффективная защита от высоких и низких лучей солнца. Улучшение равномерности естественного освещения. Удовлетворительные условия проветривания. Ухудшение инсоляции помещений зимой, обзора внешней среды.	Гориз. пластины – ВЮВ-ЗЮЗ (112°-248°). Верт. пластины – ЗЮЗ-СЗ (248°-315°), СВ-ВЮВ (45°-112°)	
Вертикальные	Рёбра		Обеспечение защиты от косых низких лучей солнца. Круглогодичное исключение инсоляции помещений при СВ и СЗ ориентациях.	ЗЮЗ-СЗ (248°-315°), СВ-ВЮВ (45°-112°)	Активное влияние на условия проветривания в зависимости от положения пластин и направления ветра.
Ячейстые	Ячейки		Обеспечение защиты от прямых высоких и косых низких лучей при ЮВ и ЮЗ ориентациях. Улучшение равномерности естественного освещения при общем значительном снижении его уровня.	ВЮВ-ЗЮЗ (112°-248°)	Ухудшение условий зимней инсоляции и обзора внешней среды.
Примечание. Ориентация светопроёма определяется от северного направления меридиана.					

6.7. Различные типы солнцезащитных устройств характеризуются следующими особенностями:

а) козырьки – тип стационарного СЗУ, рекомендуемый для световых проёмов южной ориентации. Достоинством козырьков является то, что они допускают зимнюю инсоляцию помещений;

б) СЗУ с жалюзийным заполнением представляют собой систему горизонтальных или вертикальных пластин, заключённых в жёсткую обвязку.

Пластины жалюзи могут выполняться поворачиваемыми. Регулируемые жалюзи – универсальный тип СЗУ, применимый при любой ориентации окон.

В нерегулируемых жалюзи размер и расстояние между пластинами устанавливаются в зависимости от ориентации.

Раздвижные жалюзи устанавливаются в плоскости стены и откатываются вправо или влево от светового проёма по горизонтальным направляющим. Они позволяют оставлять открытой любую желаемую часть проёма;

в) шторы помимо создания солнцезащитного эффекта позволяют улучшить тепловую защиту светопроёма в холодный период года, снизить тепловые потери через него почти в 2 раза.

г) стационарные вертикальные рёбра и ячеистые солнцезащитные устройства ухудшают условия инсоляции и требуют выполнения сложных расчётов для определения необходимых геометрических параметров.

6.8 (3.9*). Важнейшим теплотехническим параметром СЗУ является коэффициент теплопропускания солнцезащитного устройства $\beta_{сз}$, определяемый как отношение количества тепла, проходящего через световой проём с солнцезащитным устройством, к количеству тепла, проходящего через этот световой проём без СЗУ.

Коэффициенты теплопропускания солнцезащитных устройств следует принимать по прил.7* КМК 2.01.04-97*.

Для стационарных наружных СЗУ при частичном затенении светового проёма следует использовать данные, приведённые в табл.6.3.

Таблица 6.3

Коэффициент $\beta_{сз}$ теплопропускания стационарных наружных солнцезащитных устройств

Солнцезащитные устройства	Коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств $\beta_{сз}$
1. Стационарный козырёк, затеняющий светопроём в расчётный час - полностью (100% площади светопроёма) - частично ($n\%$ площади светопроёма)	0,19 $\beta_{сз} = 1 - 0,0081 \cdot n$
2. Стационарные рёбра, ячейки, затеняющие светопроём в расчётный час - полностью (100% площади светопроёма) - частично ($n\%$ площади светопроёма)	0,15 $\beta_{сз} = 1 - 0,0085 \cdot n$

6.9 (3.10*). В общем случае, при наличии на светопроёмах различных типов солнцезащиты, интегральный коэффициент теплопропускания СЗУ следует определять по формуле:

$$\beta_{сз} = \beta_{сз}^{нар} \cdot \beta_{сз}^{мс} \cdot \beta_{сз}^b, \quad (6.1)$$

где: $\beta_{сз}^{нар}$ - коэффициент теплопропускания наружного СЗУ;

$\beta_{сз}^{мс}$ - коэффициент теплопропускания межстекольного СЗУ;

$\beta_{сз}^в$ - коэффициент теплопропускания внутреннего СЗУ.

Вместо межстекольной солнцезащиты может быть предусмотрена вторая внутренняя солнцезащита. Например, внутренние регулируемые жалюзи в сочетании со светлыми шторами.

При отсутствии на световом проёме какого либо типа СЗУ, его коэффициент теплопропускания следует принимать равным $\beta_{сз}=1$.

6.10. Проектирование СЗУ необходимо проводить для расчётного часа – часа максимального поступления солнечной радиации на вертикальную поверхность соответствующей ориентации.

Значения расчётного часа и высоты солнца в расчётный час для световых проёмов различной ориентации представлены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Ориентация светового проёма		Расчётный час	Высота солнца в расчётный час, град		
	Азимут \mathbf{B} , град		\mathbf{h}_I 22 января	\mathbf{h}_{III} 22 марта	\mathbf{h}_{VII} 22 июля
СВ	-135	7	-	12	25
В	-90	8	8	23	36
ЮВ	-45	9	17	34	48
Ю	0	12	29	49	68
ЮЗ	45	15	17	34	48
З	90	16	8	23	36
СЗ	135	17	-	12	25

Примечания: 1. Азимут ориентации светового \mathbf{B} – это горизонтальный угол между нормалью к данной плоскости и южным направлением меридиана. Западные азимуты считаются положительными, а восточные – отрицательными;
2. Высота солнца \mathbf{h} – это вертикальный угол между лучом солнца и горизонтом.

При проектировании необходимо обеспечить, чтобы интегральный коэффициент теплопропускания установленных на светопроеме солнцезащитных устройств в расчётный час $\beta_{сз}^{des}$ был не более нормативной величины $\beta_{сз}^н$, приведённой в табл. 10* КМК 2.01.04-97*.

6.11 (3.7*, 3.8*, 3.9*, 3.10*). Проектирование солнцезащитных устройств выполняют поочередно для каждого из фасадов проектируемого здания в следующей последовательности:

а) по п. 3.7* КМК 2.01.04-97* и п. 6.5 данного раздела устанавливают необходимость применения солнцезащитных устройств для светопроемов фасада;

б) основываясь на нормоположениях п. 3.8* КМК 2.01.04-97* и п.6.6, 6.7 данного раздела отбирают возможные к применению типы СЗУ

(или их сочетаний) для данного фасада, удовлетворяющие архитектурно-типологическим требованиям;

в) находят по таблице 10* КМК 2.01.04-97* требуемое (нормативное) значение коэффициента теплопропускания СЗУ $\beta_{сз}^H$;

г) если среди отобранных типов солнцезащиты имеются регулируемые СЗУ с коэффициентом теплопропускания:

$$\beta_{сз} \leq \beta_{сз}^H, \quad (6.2)$$

то выбирают наиболее подходящую конструкцию и принимают её к установке;

д) в случае отсутствия подходящего типа СЗУ выбирают одно из двух возможных решений:

1. Запроектировать на соблюдение условий (6.2) стационарное наружное СЗУ;

2. Принять комбинацию стационарной наружной и внутренней солнцезащитных устройств.

6.12. Задачей расчёта стационарного СЗУ на соблюдение условия (6.2) при полном затенении светопроёма в расчётный час является определение его геометрических характеристик, отвечающих, в том числе, и требованиям по инсоляции защищаемого помещения.

Исходными данными для выполнения расчётов являются:

- требуемое значение коэффициента теплопропускания СЗУ $\beta_{сз}^H$;
- ориентация и геометрические размеры светового проёма;
- значение расчётного часа.

Расчёт проводят в следующей последовательности:

- определяют требуемую степень затенения светового проёма стационарным СЗУ в расчётный час: $\beta_{сз} = \beta_{сз}^H$;

- проводят геометрический расчёт стационарного СЗУ с учётом азимута ориентации светового проёма и высоты стояния солнца в расчётный час 22 июля;

- проверяют отсутствие влияния стационарного СЗУ на инсоляцию на 22 марта.

Геометрический расчёт СЗУ проводят путем построения геометрической тени СЗУ на световом проёме в расчётный час 22 июля, а влияние СЗУ на инсоляцию – построением геометрической тени СЗУ в течение светового дня 22 марта.

6.13. Если используют совмещённую установку стационарного козырька с межстекольным или внутренним СЗУ, то:

а) сначала находят требуемый коэффициент теплопропускания горизонтального козырька по формуле:

$$\beta_{сз}^{н.гр} = \frac{\beta_{сз}^{гр}}{\beta_{сз}^{мс} \cdot \beta_{сз}^{вн}} \quad (6.3)$$

б) вычисляют требуемую степень затенения светового проёма козырьком в расчётный час 22 июля по формуле:

$$n_{VII}^{TP} = \frac{1 - \beta_{с.з}^{н.тр}}{0,0081} \quad (6.4)$$

в) определяют значение расчётного часа и высоты солнца 22 июля, 22 марта и 22 января в зависимости от ориентации светового проёма по табл.6.4.

г) связь между геометрическими размерами светового проёма и козырька и высотой солнца (рис.6.1) выражается зависимостью:

$$\frac{l_1}{\frac{n}{100}H + r} = \operatorname{tg}(90 - h), \quad (6.5)$$

где: l_1 – вынос козырька, м;

r – расстояние от верхней кромки светового проёма до козырька, м;

H – высота светового проёма, м;

h – высота солнца, град.

Вынос козырька, обеспечивающего требуемую степень затенения оконного проёма в июле и полностью пропускающий солнечную радиацию в январе, вычисляют по формуле:

$$l_1 = \frac{\frac{n_{VII}^{TP}}{100}H}{\operatorname{tg}(h_{VII}) - \operatorname{tg}(h_I)}, \quad (6.6)$$

при этом превышение козырька над оконным проёмом должно составлять:

$$r = \frac{l_1}{\operatorname{tg}(90 - h_I)} \quad (6.7)$$

При фиксированном значении превышения козырька над оконным проёмом вынос козырька, обеспечивающий требуемую степень затенения оконного проёма в июле определяют по формуле:

$$l_1 = \operatorname{tg}(90 - h_{VII}) \left(\frac{n_{VII}^{TP}}{100}H + r \right) \quad (6.8)$$

В этом случае следует произвести проверку влияния козырька на инсоляцию поверхности светового проёма по состоянию солнца на 22 марта.

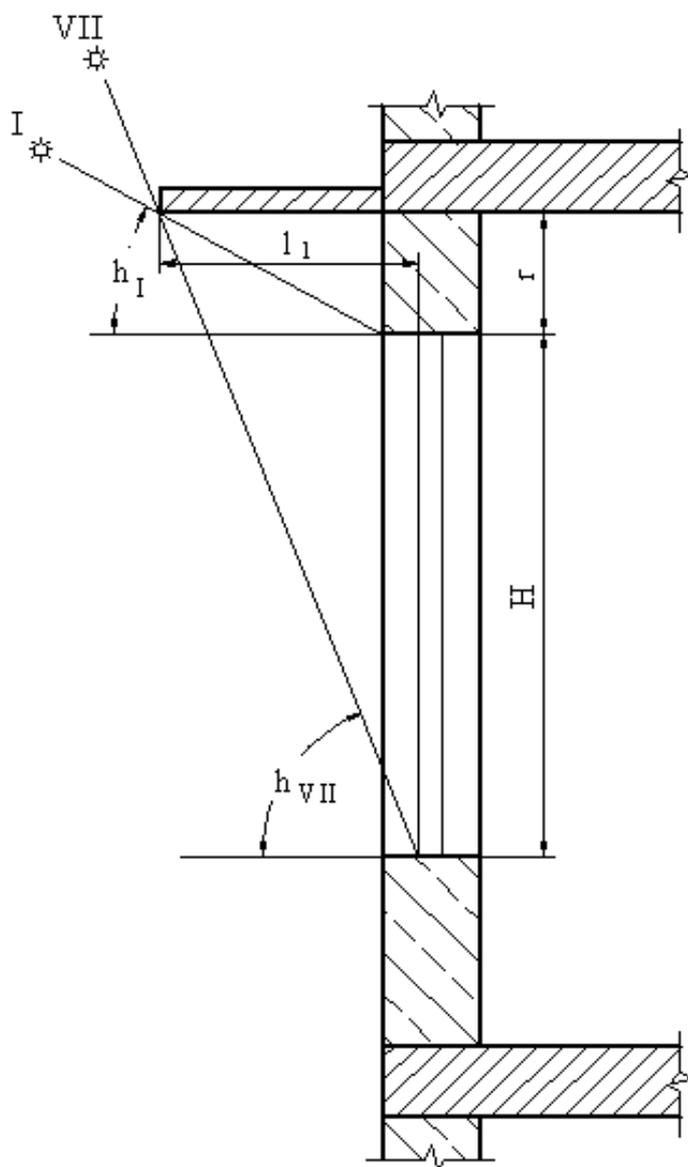


Рис. 6.1. Разрез светопроёма с горизонтальным солнцезащитным козырьком

l_1 – вынос козырька, м;

r – расстояние от верхней кромки светового проёма до козырька, м;

H – высота светового проёма, м;

h_I – высота солнца 22 января, град;

h_{VII} – высота солнца 22 июля, град.

д) фактическую степень затенения светового проёма козырьком в марте находят по формуле:

$$n_{II} = \frac{\frac{I_1}{\operatorname{tg}(90 - h_{II})} - r}{H} 100\% \quad (6.9)$$

Определяют соотношение δ :

$$\delta = \frac{I_1}{H + r} \quad (6.10)$$

Если данное соотношение $\delta < 0,88$, то отрицательного влияния на инсоляцию светового проёма в марте нет. В противном случае на графике рис.6.2 откладывают значение δ . В часы, когда кривая $\operatorname{tg}(90-h)$ оказывается ниже прямой равной δ , световой проём полностью затенён козырьком. По горизонтальной оси отсчитывают количество часов начиная с 7 до пересечения с левой ветвью кривой и после пересечения с правой ветвью кривой до 17 часов. Суммарное количество часов характеризует продолжительность инсоляции светового проёма 22 марта.

$$\delta = \frac{I_1}{H + r}$$

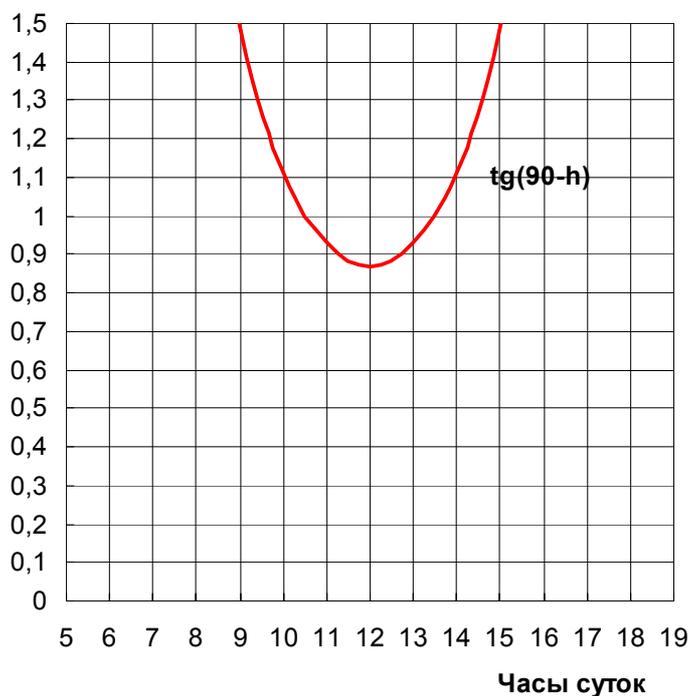


Рис. 6.2. Определение продолжительность полного затенения светового проёма козырьком 22 марта

I_1 – вынос козырька, м;

r – расстояние от верхней кромки светового проёма до козырька, м;

H – высота светового проёма, м;

h – высота солнца 22 марта, град.

Пример 3. Расчёт солнцезащиты оконного проёма.

Задача расчёта

Необходимо запроектировать СЗУ для оконного проёма больницы.

Исходные данные

Ориентация светового проёма – юг. Габариты: высота $H=2,0$ м; ширина окна $B=1,8$ м;

Порядок расчёта

Принимают для световых проёмов южной ориентации в качестве СЗУ устройство наружных стационарных козырьков в сочетании с внутренними шторами светлого цвета.

По табл.6.1 определяют, что для основных помещений зданий больниц нормативное значение коэффициента теплопропускания солнцезащитных устройств составляет $\beta_{сз}^H = 0,2$.

Из табл.6.2 определяют коэффициент теплопропускания внутренних штор из светлой ткани: $\beta_{сз}^B = 0,40$. По формуле 6.3 определяют требуемое сопротивление теплопередаче наружного СЗУ (козырька), учитывая отсутствие межстекольного СЗУ ($\beta_{сз}^{MC} = 1$):

$$\beta_{сз}^{H,TP} = \frac{\beta_{сз}^{TP}}{\beta_{сз}^{MC} \cdot \beta_{сз}^{BH}} = \frac{0,2}{1 \cdot 0,40} = 0,50 .$$

По табл.6.3 для южной ориентации определяют:

- расчётный час – 12 часов;
- высота солнца 22 июля – 68° ;
- высота солнца 22 января – 29° .

По формуле (6.4) определяют требуемую степень затенения светового проёма козырьком в расчётный час 22 июля:

$$n_{VII}^{TP} = \frac{1 - \beta_{сз}^{H,TP}}{0,0081} = \frac{1 - 0,50}{0,0081} = 61,7 \text{ \%}.$$

Определяют вынос козырька, обеспечивающего 61.7% затенения в июле по формуле (6.5):

$$l_1 = \frac{\frac{n_{VII}^{TP}}{100} H}{\operatorname{tg}(h_{VII}) - \operatorname{tg}(h_I)} = \frac{\frac{61,7}{100} 2,0}{\operatorname{tg}(68) - \operatorname{tg}(29)} = 0,64 \text{ м.}$$

Превышение козырька над оконным проёмом в соответствии с (6.6) должно составлять:

$$r = \frac{l_1}{\operatorname{tg}(90 - h_I)} = \frac{0,64}{\operatorname{tg}(90 - 29)} = 0,35 \text{ м.}$$

Пример 4. Определение вылета солнцезащитного козырька.

Задача расчёта

Для исходных данных, изложенных в примере 1 определить вылет козырька при фиксированном превышении козырька над оконным проёмом: $l_1 = 0,5$ м.

Порядок расчёта

Из примера 1 имеют - $n_{VII}^{TP} = 64,1$ %. Вынос козырька при $l_1 = 0,5$ м определяют по формуле (6.8):

$$l_1 = \operatorname{tg}(90 - h_{VII}) \left(\frac{n_{VII}^{TP}}{100} H + r \right) = \operatorname{tg}(90 - 67,5) \left(\frac{64,1}{100} 2,0 + 0,5 \right) = 0,74 \text{ м.}$$

По табл.6.4 для южной ориентации определяют - высота солнца 22 марта - 49° . По формуле (6.9) вычисляют фактическую степень затенения светового проёма козырьком в расчётный час 22 марта:

$$n_{II} = \frac{\frac{l_1}{\operatorname{tg}(90 - h_{III})} - r}{H} 100 = \frac{\frac{0,74}{\operatorname{tg}(90 - 49)} - 0,5}{2,0} 100 = 17,6 \text{ \%}.$$

Определяют соотношение δ по формуле (6.10):

$$\delta = \frac{l_1}{H + r} = \frac{0,74}{2,0 + 0,5} = 0,30.$$

Так как $\delta = 0,30 < 0,88$ - отрицательного влияния на инсоляцию светового проёма в марте нет.

7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО ВОЗДУХООБМЕНА ИНФИЛЬТРАЦИЕЙ

7.1. В строительных нормах и правилах по проектированию зданий до 2011 года отсутствовало требование обеспечения воздухопроницаемости ограждающих конструкций зданий не ниже определённого значения. Считалось, что чем герметичнее ограждения (в особенности светопроёмы), тем лучше, так как сберегается больше тепловой энергии.

Однако, при излишней герметизации наружных ограждений вытяжные каналы естественной вентиляции перестают работать и резко сокращается поступление в помещение свежего наружного воздуха. Механическая вентиляция сооружается не всегда. Кроме того, она, в отличие от естественного воздухообмена, не обладает простотой и надёжностью подачи в здание минимально-необходимого количества наружного воздуха.

В связи с изложенным, в изменённой редакции КМК 2.01.04-97*, в п.5.7*, в 2011 году введено обязательное требование обеспечивать во всех зданиях воздухообмен инфильтрующимся наружным воздухом в определённом диапазоне значений.

7.2. Не следует путать инфильтрацию с вентиляцией. Инфильтрация – это круглосуточное нерегулируемое поступление через неплотности и незакрываемые отверстия в наружных ограждениях наружного воздуха. Такое поступление наружного воздуха в некотором минимальном объёме необходимо для безопасности дыхания людей. Создание инфильтрационного воздухообмена не отменяет необходимость устройства вентиляции, то есть организованного удаления из помещений загрязнённого воздуха и подачи наружного воздуха в полном объёме, соответствующем санитарно-гигиеническим требованиям.

7.3. Величина воздухообмена инфильтрацией зависит от ветрового и гравитационного давлений на наружные ограждения здания, которые вызываются погодными условиями и переменны во времени.

Нормировать инфильтрационный воздухообмен можно только при заранее оговорённой разности давлений на ограждающие конструкции снаружи и изнутри. В КМК 2.01.04-97* такая разность давлений принята равной 10 Па и названа "эталонной": $\Delta P_{эТ}$ = 10 Па. Перепад давлений 10 Па примерно соответствует осреднённым значениям фактических разностей давлений на наружных ограждениях зданий высотой 10-15 метров в зимних условиях.

Следует помнить, однако, что $\Delta P_{эТ}$ = 10 Па – это только условная величина, принятая для проведения всех расчётов и нормирования в идентичных условиях.

7.4 (5.7*). Нормируемую кратность воздухообмена инфильтрацией наружного воздуха при $\Delta P_{эТ}$ = 10 Па следует принимать:

- в жилых, лечебно-профилактических и других зданиях с круглосуточным пребыванием людей – равной 1 ч^{-1} ;
- в остальных – равной $0,6 \text{ ч}^{-1}$.

7.5 (5.7*). При необходимости увеличить инфильтрацию наружного воздуха в помещение используют приточные устройства, устанавливаемые в верхней части коробок окон или перелётов стеклопакетов.

Приточные инфильтрационные устройства выполняют в виде вытянутых вентиляционных решёток:

- нерегулируемых с щелевыми или разнесёнными круглыми сквозными отверстиями;
- с перенастраиваемым вручную размером приточных отверстий.

Высота установки инфильтрационных решёток от пола помещения должна быть не менее 1,8 м для избежания дутья в зоне обитания. Размер отверстий в них определяют по расчёту (см. ниже, п.7.7).

Следует особо подчеркнуть, что сооружение инфильтрационных решёток не заменяет, а только дополняет устанавливаемые согласно п. 4.3 КМК 2.04.05-97* для естественного притока наружного воздуха форточки или нижнеподвесные фрамуги окон.

7.6 (5.7*). Для обеспечения беспрепятственного прохождения инфильтрующегося воздуха через помещения внутренние двери в здании должны иметь снизу подрезку дверного полотна с образованием щели высотой не менее 0,02 м или переточную вентиляционную решётку с живым сечением не менее $0,015 \text{ м}^2$ (кроме зданий, где перетекание инфильтрующегося воздуха не допускается по технологическим требованиям).

7.7. Проектирование требуемого воздухообмена инфильтрацией осуществляют поэтапно в целом для здания в следующей последовательности:

а) По рекомендациям п.7.4 данного раздела принимают требуемую для проектируемого здания кратность воздухообмена инфильтрацией $n_{\text{н}}^{\text{ТР}}$, ч^{-1} и рассчитывают необходимый расход инфильтрации $G_{\text{н}}^{\text{ТР}}$, кг/ч, по формуле:

$$G_{\text{н}}^{\text{ТР}} = n_{\text{н}}^{\text{ТР}} \cdot \rho \cdot \beta_v \cdot V_{\text{н}}, \quad (7.1)$$

где: ρ – плотность воздуха, принимаемая равной $\rho=1,3 \text{ кг/м}^3$;

β_v – коэффициент, учитывающий снижение объёма воздуха в здании ввиду наличия внутренних ограждений, принимаемый равным $\beta_v=0,85$;

$V_{\text{н}}$ – отапливаемый объём здания, равный объёму, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м^3 .

б) Определяют по чертежам площади наружных стен и чердачного перекрытия здания и рассчитывают их сопротивление воздухопроницанию по формуле (26) и приложению 8 КМК 2.01.04-97*;

в) Вычисляют суммарную площадь светопроёмов и по прил. 9 КМК 2.01.04-97* находят их сопротивление воздухопроницанию $R_{н.о}$, $m^2 \cdot ч / кг$.

г) Рассчитывают по формуле (27а) КМК 2.01.04-97* расход $G_{н}^{des}$, кг/ч, инфильтрующегося в проектируемое здание воздуха при эталонном перепаде давлений $\Delta P_{эт} = 10$ Па;

д) Определяют недостаток поступающего за счёт инфильтрации наружного воздуха $G_{н.отв}^{тр}$, кг/ч, который должен быть восполнен подачей воздуха через инфильтрационные решётки, по формуле:

$$G_{н.отв}^{тр} = G_{н}^{тр} - G_{н}^{des} \quad (7.2)$$

е) Рассчитывают требуемую суммарную площадь $F_{отв}^{тр}$, m^2 , отверстий для прохода наружного воздуха всех инфильтрационных решёток по формулам:

$$F_{отв}^{тр} = \frac{G_{н.отв}^{тр}}{3600 \cdot w_{отв} \cdot c} \quad (7.3)$$

$$w_{отв} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{эт}}{\xi_0 \cdot \rho}} \quad (7.4)$$

где: ξ_0 – коэффициент местного сопротивления инфильтрационной решётки или отверстия, отнесённый к скорости в живом сечении (для отверстия: $\xi_0 = 1,56$);

$w_{отв}$ – скорость наружного воздуха в сечении отверстия, м/с.

ж) Площадь отверстий в одной инфильтрационной решётке $f_{отв}^{тр}$, m^2 , вычисляют при известном (по числу окон) количестве решёток N по формуле:

$$f_{отв}^{тр} = \frac{F_{отв}^{тр}}{N} \quad (7.5)$$

з) Подбирают для установки в светопроём здания инфильтрационную решётку с ближайшим значением величины $f_{отв}$, m^2 . Высоту щелей для прохода воздуха в решётках рекомендуется принимать равной 4÷8 мм, а диаметр круглых отверстий: 10÷15 мм при разносе их на расстояние между краями отверстий, равное удвоенному диаметру.

и) Обеспечивают проектные решения, предусмотренные п.7.6 данного раздела.

к) Проверяют, чтобы вытяжные каналы естественной вентиляции были рассчитаны на пропуск расходов вытяжного воздуха, определяемых проектом систем вентиляции здания, а не по расходу инфильтрующегося воздуха.

7.8. В случае, когда по проекту отопления и вентиляции здания принята естественная приточная вентиляция необработанным наружным воздухом с установкой автоматическими регулируемых приточных клапанов, инфильтрационные решётки не устанавливаются.

Их роль берут на себя регулируемые приточные вентиляционные клапаны, рассчитываемые на вентиляционные расходы воздуха. Такие приточные клапаны обеспечивают автоматическое регулирование расхода поступающего наружного воздуха (по относительной влажности воздуха помещения, по разности давлений и т.д.), рассчитаны, как правило, на пропуск от 35 до 55 кг/ч наружного воздуха (при $\Delta P_{\text{эт}} = 10$ Па) и иногда снабжены также шумоглушителем, воздушным фильтром, местным вентилятором и т.д.

Пример 5. Расчёт и обеспечение требуемого воздухообмена инфильтрацией.

Задача расчёта

Требуется определить необходимый воздухообмен инфильтрацией, количество и типоразмер требующихся к установке приточных инфильтрационных решёток для жилого 50-квартирного дома в г.Ташкенте.

Исходные данные

Габариты 5-ти этажного жилого дома: 50x12x15(h) м. Количество жилых комнат в доме – 140. В каждой комнате имеется 1 окно с двойным остеклением в спаренных переплётах (с пенополиуретановым уплотнением). Суммарная площадь окон – 400 м². Наружные стены кирпичные оштукатуренные с двух сторон, толщиной 41 см, суммарной площадью 1460 м². Перекрытие верхнего этажа – бетонное, суммарной площадью 600 м². Отапливаемый объём здания – 7715 м³.

Порядок расчёта

Расчёт выполняют в последовательности, изложенной в п.7.7 данного раздела.

По п.7.4 принимают для 50-квартирного жилого дома нормируемую кратность воздухообмена инфильтрацией $n_n = 1$ ч⁻¹ и по формуле (7.1) находят требуемый расход инфильтрующегося воздуха:

$$\begin{aligned} G_n^{\text{тп}} &= n_n^{\text{тп}} \cdot \rho \cdot \beta_v \cdot V_h = \\ &= 1 \cdot 1,3 \cdot 0,85 \cdot 7715 = 8525 \text{ кг/ч.} \end{aligned}$$

По формуле (26) и прил. 8 КМК 2.01.04-97* находят сопротивление воздухопроницанию наружных стен со штукатурными слоями с обеих сторон:

$$\begin{aligned} R_{и.к} &= R_{и1} + R_{и2} + R_{и3} = \\ &= 373 + 18 + 373 = 764 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}, \end{aligned}$$

а также перекрытия верхнего этажа: $R_{и.п} = 19620 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.

Сопротивление воздухопроницанию окон принимают по прил. 9* КМК 2.01.04-97*: $R_{и.о} = 0,26 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.

Рассчитывают по формуле (27а) КМК 2.01.04-97* расход инфильтрующегося в проектируемый жилой дом наружного воздуха:

$$\begin{aligned} G_{и}^{des} &= F_{к} \frac{\Delta p_{эт}}{R_{и.к}} + F_{п} \frac{\Delta p_{эт}}{R_{и.п}} + F_{о} \frac{1}{R_{и.о}} = \\ &= 1460 \frac{10}{764} + 600 \frac{10}{19620} + 400 \frac{1}{0,26} = 1558 \text{ кг/час}. \end{aligned}$$

Рассчитывают по формуле (7.2) расход, который необходимо восполнить подачей воздуха через инфильтрационные приточные решётки:

$$\begin{aligned} G_{и.отв}^{тр} &= G_{и}^{тр} - G_{и}^{des} = \\ &= 8525 - 1558 = 6967 \text{ кг/ч}. \end{aligned}$$

Рассчитывают скорость наружного воздуха в отверстиях инфильтрационных решёток по формуле (7.4):

$$w_{отв} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{эт}}{\xi_o \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{1,56 \cdot 1,3}} = 3,14 \text{ м/с}.$$

Вычисляют требуемую суммарную площадь отверстий всех устанавливаемых в доме решёток, по формуле (7.3):

$$F_{отв}^{тр} = \frac{G_{и.отв}^{тр}}{3600 \cdot w_{отв} \cdot c} = \frac{6967}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,3} = 0,4741 \text{ м}^2.$$

Площадь отверстий в одной приточной инфильтрационной решётке находят по формуле (7.5), принимая количество решёток по числу окон: $N=140$:

$$f_{\text{отв}}^{\text{тр}} = \frac{F_{\text{отв}}^{\text{тр}}}{N} = \frac{0,4741}{140} = 0,0033864 \text{ м}^2 = 3386 \text{ мм}^2.$$

Принимают к установке инфильтрационные решётки со щелевыми отверстиями длиной $a = 80$ мм и шириной $b = 6$ мм. Число отверстий в каждой решётке должно составлять:

$$n = \frac{f_{\text{отв}}^{\text{тр}}}{a \cdot b} = \frac{3386}{80 \cdot 6} = 7,05 \text{ шт.}$$

Принимают к установке в окне каждой жилой комнаты решётку размером 800x40 мм с 7 отверстиями, размещаемую в верхнем обрамлении окна (рис. 7.1).

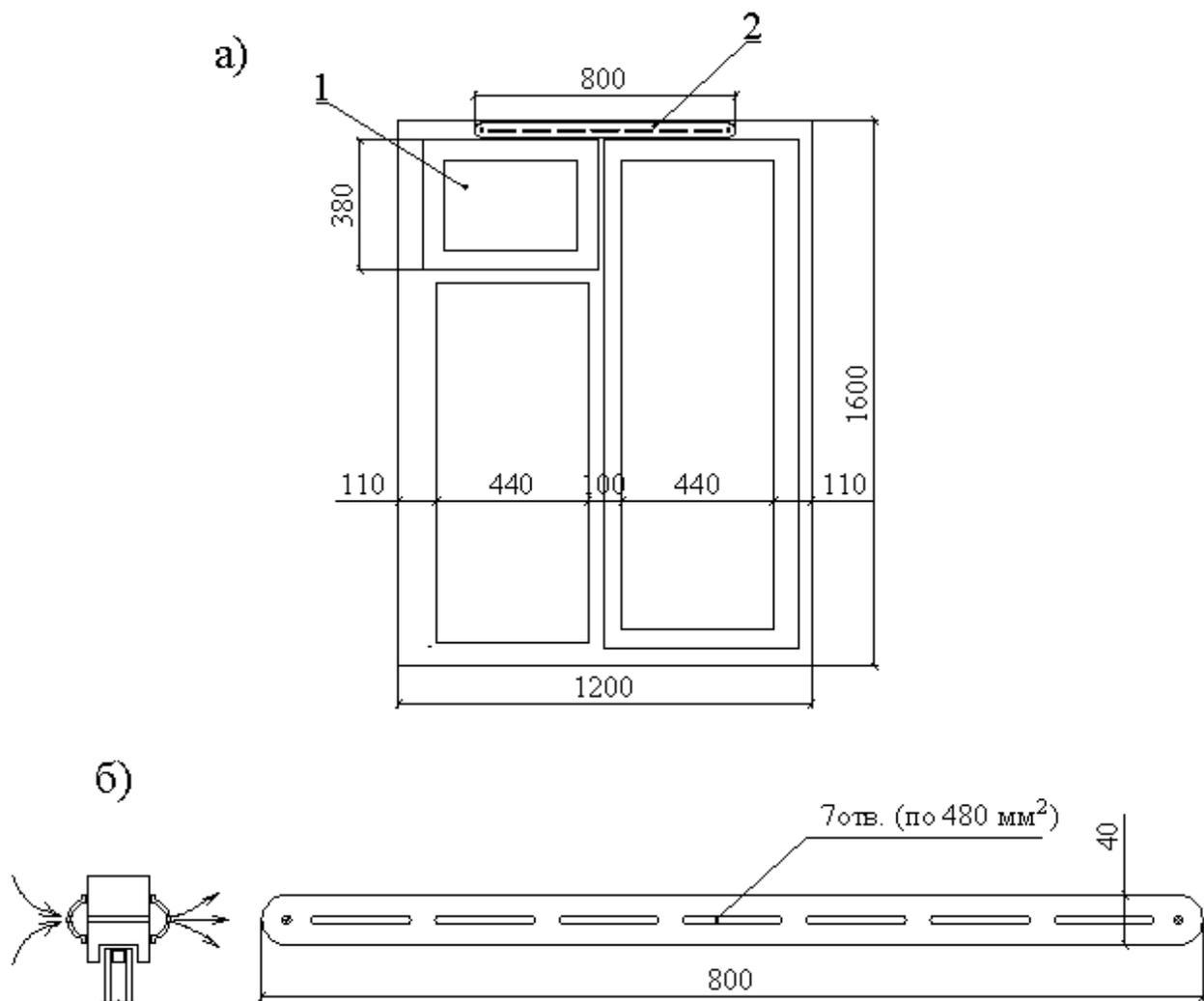


Рис. 7.1. Размещение инфильтрационной решётки в оконном проёме

- а) оконный проём с приточной инфильтрационной решёткой;
- б) инфильтрационная решётка

1 – форточка; 2 – инфильтрационная решётка

8. ПРОВЕРКА ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ НА ПАРПРОНИЦАЕМОСТЬ

8.1. В помещениях зданий имеются выделения влаги (от людей, бытовых, производственных и санитарно-гигиенических процессов, других источников водяных паров). Парциальное давление водяного пара во внутреннем воздухе e_v , Па, как правило, превышает парциальное давление водяного пара наружного воздуха e_n , Па, и водяной пар мигрирует сквозь наружные ограждения из помещения наружу.

8.2. В зимний период года мигрирующий через ограждение водяной пар может конденсироваться в толще конструкции, имеющей пониженную температуру, что приводит к намоканию и возможному замерзанию ограждения. Особенно уязвимым является слой утеплителя из эффективных материалов или часть конструкции, примыкающая к наружной поверхности.

8.3 (6.1*). Согласно КМК 2.01.04-97* ограждающая конструкция должна быть запроектирована так, чтобы внутри её не происходило накопления влаги, которое превышало бы некую нормированную величину.

Пункт 6.1* КМК 2.01.04-97* содержит методику расчёта необходимого для соблюдения такого условия сопротивления паропроницанию наружного ограждения.

8.4. Так как расчёты по определению накопления влаги трудоёмки, рекомендуется начать проверку ограждающей конструкции с выяснения будет или нет когда-либо выпадать внутри неё конденсат. Если даже в наиболее холодный месяц года конденсат выпасть не будет то, следовательно, не будет какого-либо накопления влаги и в другие месяцы года, а значит рассматриваемая конструкция полностью отвечает требованиям КМК 2.01.04-97* по обеспечению беспрепятственной миграции водяного пара.

Определение возможности образования конденсата в толще наружного ограждения

8.5. Расчёт на отсутствие в толще ограждения конденсации водяного пара выполняют с соблюдением следующих требований и последовательности.

8.6 (Примечание к п.6.1*). Парциальное давление насыщенного водяного пара E , Па, всегда определяют, как однозначную функцию от его температуры t , °С, по формуле:

$$E = 10^{\frac{657,5+10,245t}{236+t}} \quad (8.1)$$

8.7. Собирают необходимые данные.

Расчётные внутренние условия принимают по проекту: t_v , °С – расчётная внутренняя температура, φ_v , % - расчётная относительная влажность внутреннего воздуха. Определяют парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха e_v , Па, по формуле:

$$e_v = \frac{\varphi_v}{100} E_v, \quad (8.2)$$

где: E_v – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре t_v , Па, рассчитанное по формуле (8.1).

Устанавливают влажностный режим помещения и условия эксплуатации ограждающей конструкции по п.1.3 КМК 2.01.04-97*.

Определяют расчётные наружные условия по таблицам 1 и 3 КМК 2.01.01-94*:

t_n – средняя месячная температура наружного воздуха января, °С;

e_n – парциальное давление водяного пара в наружном воздухе для января, Па.

Находят по формуле (8.1):

E_n – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре t_n , Па.

Нумеруют каждый из слоёв ограждения в направлении от внутренней поверхности к наружной и для каждого слоя находят по прил.1 КМК 2.01.04-97* коэффициенты теплопроводности (в зависимости от условий эксплуатации) λ_i , Вт/(м·°С) и паропроницаемости μ_i , мг/(м·ч·Па).

По таблицам 5* и 6 КМК 2.01.04-97* находят коэффициенты теплоотдачи внутренней α_v , Вт/(м²·°С), и наружной α_n , Вт/(м²·°С), поверхностей ограждения.

8.8. Для каждого слоя рассматриваемой ограждающей конструкции определяют:

термическое сопротивление слоя R_{0i} , м²·°С/Вт:

$$R_{0i} = \frac{\delta_i}{\lambda_i}; \quad (8.3)$$

сопротивление паропроницанию слоя R_{ni} , м²·ч·Па/мг:

$$R_{ni} = \frac{\delta_i}{\mu_i}. \quad (8.4)$$

Рассчитывают для ограждения в целом:

сопротивление теплопередаче ограждения R_0 , м²·°С/Вт:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{i=1}^n R_{0i}, \quad (8.5)$$

где n – число слоёв ограждающей конструкции;
сопротивление паропрооницанию ограждения R_n , м²·ч·Па/мг:

$$R_n = \sum_{i=1}^n R_{ni} \quad (8.6)$$

8.9. Определяют температуры t_i , °C, на границе слоёв по формуле:

$$t_i = t_b - (t_b - t_n) \frac{\left(\frac{1}{\alpha_b} + \sum R_{0i} \right)}{R_0}, \quad (8.7)$$

где: $\sum R_{0i}$ – термическое сопротивление слоёв ограждения от внутренней поверхности до рассматриваемой границы, м²·°C/Вт.

По формуле (8.1) вычисляют парциальные давления насыщенного водяного пара E_i , Па, соответствующие рассчитанным температурам t_i .

8.10. Определяют действительные парциальные давления водяного пара на границе слоёв по формуле:

$$e_i = e_b - (e_b - e_n) \frac{\sum R_{ni}}{R_n}, \quad (8.8)$$

где $\sum R_{ni}$ – сопротивление паропрооницанию слоёв ограждения от внутренней поверхности до рассматриваемой границы, м²·ч·Па/мг.

8.11. Строят в масштабе график распределения на границах слоёв ограждения действительных парциальных давлений водяного пара e_i в толще стены и парциальных давлений E_n , соответствующих насыщенному состоянию пара.

Если график величин e_i расположен ниже графика величин E_n , то возможность конденсации пара в ограждающей конструкции отсутствует.

8.12. Если графики e_i и E_n пересекаются, это указывает на возможность образования конденсата. В таком случае необходимо провести полные расчёты выбранной конструкции на предотвращение накопления влаги сверх допустимого предела, руководствуясь пунктами 6.1*, 6.2*, 6.3* и

6.5 КМК 2.01.04-97* или заменить выбранную конструкцию такой, в которой конденсация для условий января не наступает.

Пример 6. Проверка ограждающей конструкции на паропроницаемость.

Задача расчёта

Требуется выяснить, будет или нет внутри многослойной наружной стены с плиточным минераловатным утеплителем конденсироваться водяной пар в наиболее холодный месяц года.

Исходные данные

Конструкция стены представлена на рис.8.1. Здание жилое одноэтажное расположено в г.Самарканде.

Порядок расчёта

Учитывая, что здание жилое, принимают расчётную внутреннюю температуру $t_v = 20^\circ\text{C}$ и расчётную относительную влажность $\phi_v = 55\%$. Парциальное давление насыщенного пара при $t_v = 20^\circ\text{C}$, согласно формуле (8.1):

$$E = 10^{\frac{657,5+10,245t_v}{236+t_v}} = 10^{\frac{657,5+10,245 \cdot 20}{236+20}} = 2337 \text{ Па.}$$

Находят парциальное давление пара во внутреннем воздухе по формуле (8.2):

$$e_v = \frac{\phi_v}{100} E_v = \frac{55}{100} 2337 = 1286 \text{ Па.}$$

Согласно п.1.3. КМК 2.01.04-97* определяют, что влажностный режим в жилом доме: "нормальный", а условия эксплуатации ограждающих конструкций (для считывания значений коэффициентов теплопроводности с таблицы Приложения 1* КМК 2.01.04-97*) необходимо принимать по параметрам "А".

Наружные условия для г.Самарканда определяют для января по таблицам 1 и 3 КМК 2.01.01-94*:

$$t_n = +0,5^\circ\text{C}; \quad e_n = 4,8 \text{ гПа} = 480 \text{ Па.}$$

По формуле (8.1) находят, что температуре $+0,5^\circ\text{C}$ соответствует парциальное давление насыщенного водяного пара:

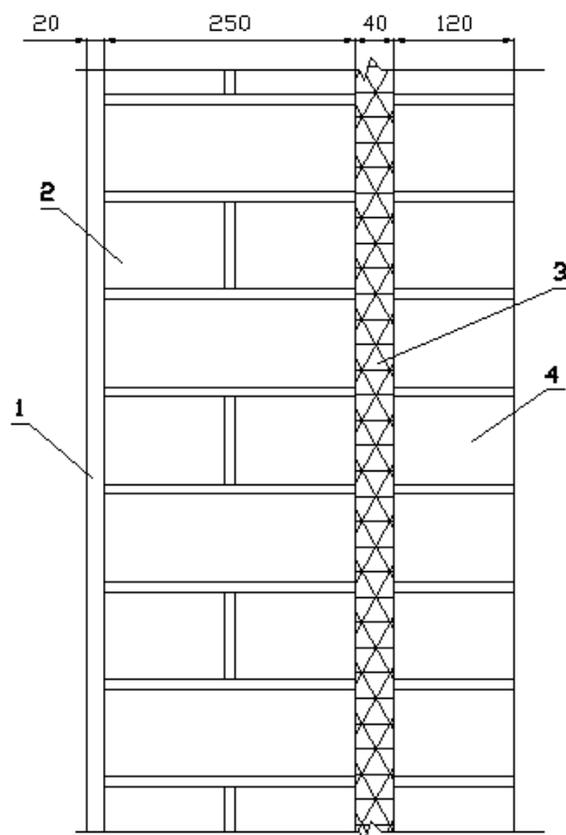


Рис. 8.1. Конструкция наружной стены жилого дома в г.Самарканде

- 1 – внутренняя штукатурка из цементно-песчаного раствора;
- 2 – кладка из глиняного обыкновенного кирпича;
- 3 – плита минераловатная жёсткая $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$;
- 4 – облицовочная кладка из кирпича глиняного обыкновенного

$$E = 10^{\frac{657,5+10,245t_n}{236+t_n}} = 10^{\frac{657,5+10,245 \cdot 0,5}{236+0,5}} = 634 \text{ Па}$$

Выполняют нумерацию слоёв наружной стены, начиная от внутренней поверхности (см. рис.8.1), и определяют для каждого слоя значения термических сопротивлений R_{0i} и сопротивлений паропроницанию R_{ni} по формулам (8.3) и (8.4).

Первым является слой цементно-песчаного раствора. При условиях эксплуатации "А" находят по прил.1 КМК 2.01.04-97*: $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ и $\mu_1 = 0,09 \text{ мг}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$ и рассчитывают сопротивления:

$$R_{01} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,76} = 0,0263 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт};$$

$$R_{n1} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,09} = 0,222 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}.$$

Аналогичные вычисления выполняют для второго, третьего и четвёртого слоёв стеновой конструкции. Результаты расчёта четырёх слоёв заносят в таблицу (см. табл.8.1).

Таблица 8.1

Номер слоя, i (см. рис.8.1)	Толщина слоя, δ_i , м	λ_i , Вт/(м·°С)	R_{0i} , м ² ·°С/Вт	μ_i , мг/(м·ч·Па)	R_{ni} , м ² ·ч·Па/мг
1	0,02	0,76	0,026	0,09	0,22
2	0,25	0,70	0,357	0,11	2,27
3	0,04	0,076	0,526	0,49	0,08
4	0,12	0,70	0,171	0,11	1,09

По таблицам 5* и 6 КМК 2.01.04-97* находят: $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ и $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

Определяют полное термическое сопротивление стены по формуле (8.5):

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{н}} + \frac{1}{\alpha_{в}} + R_{01} + R_{02} + R_{03} + R_{04} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + 0,026 + 0,357 + 0,526 + 0,171 = 1,238 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

По формуле (8.6) рассчитывают сопротивление паропроницанию через наружную стену:

$$R_{п} = R_{n1} + R_{n2} + R_{n3} + R_{n4} = 0,22 + 2,27 + 0,08 + 1,09 = 3,66 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}.$$

Определяют температуры t_i и действительные парциальные давления пара e_i на границах слоёв по формулам (8.7) и (8.8). По формуле (8.1) рассчитывают давление насыщения при температуре t_i .

Для границы первого слоя со вторым, получают:

$$t_1 = t_b - (t_b - t_n) \frac{\left(\frac{1}{\alpha_b} + R_{01}\right)}{R_0} = 20 - (20 - 0,5) \frac{\left(\frac{1}{8,7} + 0,026\right)}{1,238} = 17,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Давление насыщенных паров при температуре $17,8^\circ\text{C}$ составляет:

$$E = 10^{\frac{657,5 + 10,245 \cdot 17,8}{236 + 17,8}} = 2038 \text{ Па};$$

$$e_1 = e_b - (e_b - e_n) \frac{R_{n1}}{R_n} = 1286 - (1286 - 480) \frac{0,22}{3,66} = 1237 \text{ Па}.$$

Аналогично вычисляют значения для границ остальных слоёв и заносят результаты расчёта в таблицу (см. табл.8.2).

Таблица 8.2

Номер слоя, i (см. рис.8.1)	t_i , $^\circ\text{C}$	E_i , Па	e_i , Па
1	17,8	2038	1237
2	12,1	1412	738
3	3,9	806	720
4	1,2	666	480

При сравнении величины максимального парциального давления насыщения E_i водяного пара и величины действительного парциального давления e_i водяного пара на соответствующих границах слоёв видим, что все величины e_i ниже величин E_i , что указывает на отсутствие возможности конденсации водяного пара в конструкции наружной стены.

По данным табл.8.2 на рис.8.2 построены в масштабе линии парциальных давлений E_i и e_i . Линии не пересекаются и, следовательно, рассмотренная стеновая конструкция отвечает требованиям по паропроницаемости.

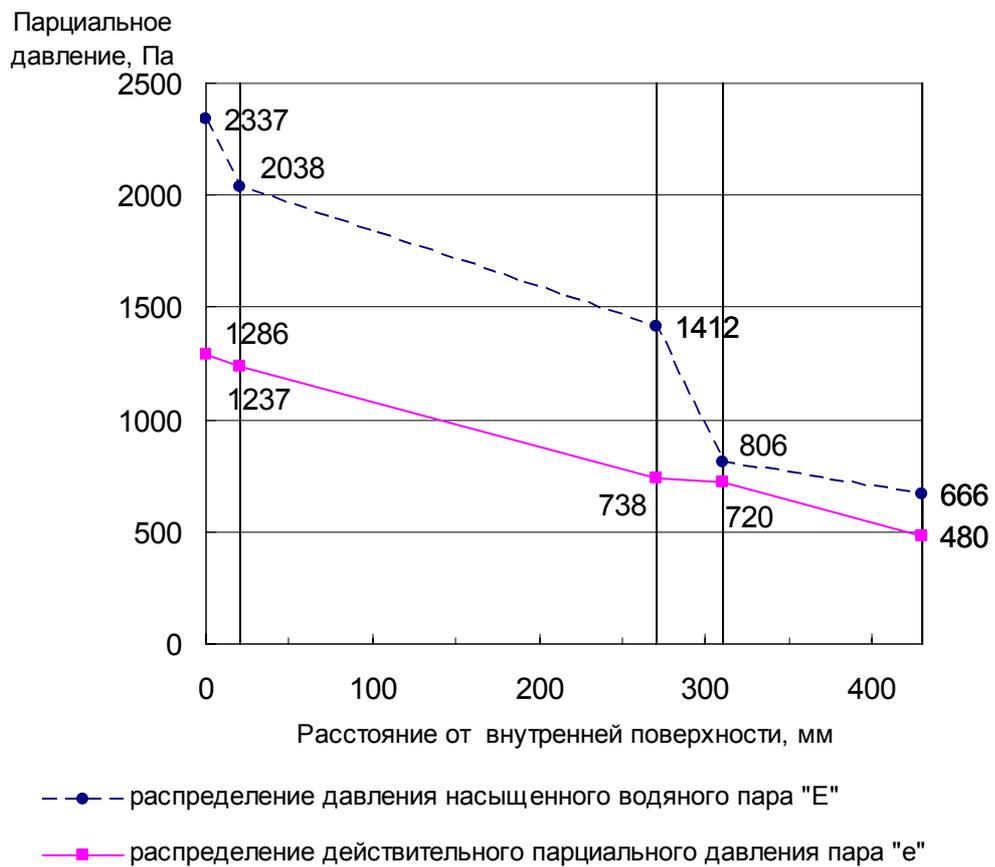


Рис. 8.2. Графики парциальных давлений водяного пара в толще конструкции наружной стены

9. ЗАПОЛНЕНИЕ ТАБЛИЦЫ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАПРОЕКТИРОВАННОГО ЗДАНИЯ

9.1 (1.9*). В разрабатываемых проектах следует приводить таблицу с расчетными значениями теплотехнических и энергетических параметров, принятыми для запроектированного здания, по форме согласно прил.1а* КМК 2.01.04-97*.

Данные, представляемые в таблице, предназначены для наглядной демонстрации исходных расчётных условий, значений теплотехнических характеристик запроектированных ограждающих конструкций и величины воздухообмена, создаваемого в здании инфильтрующимся наружным воздухом (при эталонной разности давлений).

9.2. В таблицу вносят следующие данные:

а) уровень теплозащиты здания, который реализован в проекте. Методика выбора уровня теплозащиты изложена в разделе 3 настоящего Пособия;

б) расчётная температура внутреннего воздуха $t_{в}$, °С.

В таблице параметров приводят расчётную внутреннюю температуру основных помещений здания, то-есть значение, по которому определялось количество градусо-суток отопительного периода для проектируемого здания.

Температуру $t_{в}$ принимают равной:

- для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов – 20°С;
- для других общественных, а также административных и бытовых зданий – 18°С;
- для производственных зданий – по нормам их проектирования.

в) расчётная температура наружного воздуха $t_{н}$, °С.

Методика определения расчётных параметров наружного воздуха изложена в разделе 2 настоящего Пособия;

г) продолжительность отопительного периода $z_{от.пер.}$, сут, и средняя температура наружного воздуха $t_{от.пер.}$, °С, отопительного периода – определяют по табл.4 КМК 2.01.01-94 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха: $\leq 12^{\circ}\text{C}$ – для лечебных, детских дошкольных учреждений, школ и домов интернатов; $\leq 10^{\circ}\text{C}$ – для остальных зданий;

д) градусо-сутки отопительного периода D_d , °С·сут, в соответствии с п.2.1* КМК 2.01.04-97* определяют по формуле:

$$D_d = (t_{в} - t_{от.пер.}) z_{от.пер.} \quad (9.1)$$

е) приведённые сопротивления теплопередаче наружных ограждений здания, принятые при разработке проекта, приводят в размерности $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ в следующей последовательности:

- наружных стен R_k ;
- окон и балконных дверей $R_{o,o}$;
- фонарей $R_{o,ф}$;
- входных дверей и ворот $R_{o,д}$;
- бесчердачных покрытий $R_{п,б}$;
- чердачных перекрытий $R_{п,ч}$;
- перекрытий над проездами $R_{п,п}$;
- перекрытий над подпольями $R_{п,п}$;
- пола на грунте $R_{п,г}$.

При определении величины $R_{п,г}$ подземные части наружных стен рассматривают как относящиеся к полу на грунте.

Расчёт величины $R_{п,г}$ начинают с разбивки общей поверхности пола на зоны (полосы шириной 2,0 м., параллельные наружным стенам), начиная от уровня земли к стыку стены с полом и далее по поверхности пола. При отсутствии заглублённой части стен разбивку начинают от стыка наружной стены с полом. Всего выделяют не более четырёх зон.

Если на пол не накладывают слои из материалов, имеющих теплопроводность $\lambda < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, то он считается неутеплённым. Сопротивление теплопередаче неутеплённых полов, R_c , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, согласно прил. 9* КМК 2.04.05-97* принимают равным:

2,1 - для I зоны; 4,3 - для II зоны; 8,6 - для III зоны; 14,2 - для IV зоны (для оставшейся площади пола).

Если участок пола в какой-либо зоне покрывают материалом с коэффициентом теплопроводности $\lambda < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ толщиной δ , м, то сопротивление теплопередаче пола на данном утеплённом участке R_h , $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, рассчитывают по формуле:

$$R_h = R_c + \delta / \lambda_h . \quad (9.2)$$

По формуле (9.2) определяют R_h и для подземной части наружной стены, если стена состоит из материалов, имеющих в среднем $\lambda < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$.

Сопротивление теплопередаче пола на грунте в целом $R_{п,г}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, определяют как усредненное средневзвешенное по всем зонам пола значение по формуле:

$$R_{п,г} = \frac{F^I R^I + F^{II} R^{II} + F^{III} R^{III} + F^{IV} R^{IV}}{F^I + F^{II} + F^{III} + F^{IV}} ; \quad (9.3)$$

где: $F^I, F^{II}, F^{III}, F^{IV}$ – площади I, II, III, и IV зон пола, м^2 ;

$R^I, R^{II}, R^{III}, R^{IV}$ – сопротивление теплопередаче выделенных (утеплённых и неутеплённых) зон, $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$.

ж) расход инфильтрующегося в здание воздуха G_n , кг/ч, при эталонном значении разности давлений $\Delta p_{эт} = 10$ Па, определяют по п.5.7* КМК 2.01.04-97*;

з) отапливаемый объём здания V_n , m^3 – объём, ограниченный внутренними поверхностями наружных ограждающих конструкций;

и) кратность воздухообмена инфильтрацией n_n , $ч^{-1}$ – величина, определяемая по формуле (276) КМК 2.01.04-97*.

Содержание

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНЫХ НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ПАРАМЕТРОВ	5
3. ВЫБОР УРОВНЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ	9
4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ВЫБРАННЫМ УРОВНЕМ	11
5. НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ С ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ	25
6. ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ	39
7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМОГО ВОЗДУХООБМЕНА ИНФИЛЬТРАЦИЕЙ	51
8. ПРОВЕРКА ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ НА ПАРОПРОНИЦАЕМОСТЬ	58
9. ЗАПОЛНЕНИЕ ТАБЛИЦЫ РАСЧЁТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАПРОЕКТИРОВАННОГО ЗДАНИЯ	66

Подготовлены к изданию
институтом ОАО “ToshujoyLIT” и ИВЦ «АКАТМ»