Расчет и проектирование ограждающих конструкций зданий

Справочное пособие к СНиП

Москва
Стройиздат

gost.e-ecolog.ru

Научно-исследовательский институт
строительной физики (НИИСФ) Госстроя СССР

Справочное пособие к СНиП

Серия основана в 1989 году

Расчет и проектирование ограждающих конструкций зданий

Москва Стройиздат 1990

ББК 38.42
Р 24
УДК 692.23.001.24(035.5)

Рекомендовано к изданию секцией № 1 Научно-технического совета НИИСФ Госстроя СССР.

Редактор — И. А. Баринова

Р 24 **Расчет** и проектирование ограждающих конструкций зданий/НИИ строит. физики. — М.: Стройиздат, 1990. — 233 с.: ил. — (Справ. пособие к СНиП).
ISBN 5-274-01565-4

Разработано к СНиП II—3—79** «Строительная теплотехника». Содержит материалы по теплотехническому расчету и проектированию ограждающих конструкций зданий и сооружений. Приведены общие методы теплотехнических расчетов ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения — жилых, общественных и производственных. Даны примеры расчетов.

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

Р $\frac{3305000000—530}{047(01)—90}$ **Инструкт.-нормат., 2 вып. — 35—89**

ISBN 5-274-01565-4

© НИИСФ, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Пособие разработано к СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника». В нем содержатся методические материалы и примеры по теплотехническому расчету и проектированию ограждающих конструкций зданий и сооружений.

Особое внимание в Пособии уделено вопросам, которые вызывают затруднения при практическом использовании, например, расчеты: экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, неоднородных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями сложной формы, ограждающих конструкций теплых чердаков при наличии в помещениях агрессивных сред, а также расчеты прогнозирования долговечности ограждающих конструкций и пр.

В Пособии даны рекомендации по автоматизации теплотехнических расчетов с использованием разнообразных современных ЭВМ от *программируемого калькулятора и мини-ЭВМ до крупных ЭВМ типа ЕС.*

Настоящее Пособие разработано НИИСФ Госстроя СССР (кандидаты техн. наук Ю. А. Матросов — разд. 1, 2, прил. 4, 12, 13, 14 — руководитель темы, М. А. Гуревич — разд. 1—6, Ф. В. Клюшников — разд. 2, И. Н. Бутовский — разд. 2, М. Ю. Негинский — прил. 13, В. Р. Хлевчук — прил. 3, д-р техн. наук С. В. Александровский — разд. 7 и прил. 11) совместно с ЦНИИпромзданий Госстроя СССР (канд. техн. наук Э. Э. Наргизян, инж. М. А. Пак — прил. 5, канд. техн. наук Ю. П. Александров — прил. 6); ЦНИИЭП жилища Госкомархитектуры (кандидаты техн. наук В. С. Беляев, А. Н. Мазалов, канд. экон. наук М. С. Любимова — разд. 2); ЦНИИЭПсельстрой Госкомархитектуры (канд. техн. наук В. А. Бенц — разд. 2 и прил. 15, 16, 17); МИСИ им. В. В. Куйбышева (канд. техн. наук В. А. Объедков — разд. 2 и прил. 7, 10); НИИ строительства Госстроя ЭССР (канд. техн. наук Э. В. Йыгиоя — прил. 4), А. В. Щербаков — научное редактирование.

НИИСФ Госстроя СССР выражает благодарность специалистам, и организациям, которые будут использовать настоящее Пособие, сделают замечания и внесут предложения по его улучшению.

Замечания и предложения просьба направлять по адресу: 127238, Москва, Локомотивный пр., д. 21, НИИСФ.

1. ПРИНЦИПЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

1.1. При теплотехническом проектировании ограждающих конструкций зданий следует руководствоваться СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника» и связанными с ним нормативными документами, а также рекомендациями настоящего Пособия.

При разработке проектов ограждающих конструкций следует предпочитать варианты, которые при удовлетворении нормативных требований обеспечивают снижение топливно-энергетических и материальных ресурсов.

1.2. Многослойные наружные стены с использованием эффективного теплоизоляционного материала имеют преимущество в повышении теплозащитных качеств здания по сравнению с однослойными наружными стенами. Однослойные наружные стены эффективны при применении легкого бетона плотностью менее 1000 кг/м^3, ячеистого бетона плотностью менее 800 кг/м^3 и кладки из пустотелых керамических или силикатных камней и кирпичей.

1.3. При проектировании наружных ограждений с теплопроводными включениями необходимо учитывать следующее:

в многослойных конструкциях целесообразно располагать с теплой стороны материал с большим коэффициентом теплопроводности, что обеспечивает более высокую температуру угла;

зона влияния несквозного включения, как правило, распространяется от границы соприкасания двух материалов на расстояние, равное половине толщины стены;

включения, размещенные внутри ограждения, целесообразно располагать ближе к холодной стороне ограждения.

1.4. Покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой следует проектировать для районов с расчетной скоростью ветра в июле не менее 2 м/с, толщина воздушной прослойки должна быть не менее 0,15 м. Оптимальная толщина вентилируемой воздушной прослойки в наружных стенах находится в пределах 0,05—0,1 а оптимальная высота — 5—6 м.

1.5. При проектировании наружных ограждений с замкнутыми воздушными прослойками необходимо учитывать, что

эффективными в теплотехническом отношении являются прослойки небольшой толщины;

рациональнее делать в ограждающей конструкции несколько прослоек малой толщины, чем одну большей толщины;

воздушные прослойки рекомендуется располагать ближе к наружной стороне ограждения;

в целях уменьшения количества тепла, передаваемого излучени-

ем, рекомендуется покрыть одну из поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой.

1.6. Для предупреждения переувлажнения материалов наружных ограждающих конструкций рекомендуется располагать слои с большим сопротивлением паропроницанию с внутренней стороны.

1.7. Для стен помещений с влажным и мокрым режимом не рекомендуется применять силикатный кирпич, пустотелые камни, ячеистые бетоны, древесину, фибролит, а также другие невлагостойкие или небиостойкие материалы.

1.8. Наружные и внутренние стены следует предохранять от грунтовой влаги путем устройства гидроизоляции. Основная обязательная во всех случаях горизонтальная гидроизоляция в нижней части наружной стены или по всему верху цоколя должна быть расположена выше тротуара или отмостки здания, но ниже отметки пола первого этажа. Дополнительную горизонтальную гидроизоляцию следует предусматривать в стенах зданий с подвалами и цокольными этажами ниже уровня их пола.

В зависимости от гидрогеологических условий и назначения помещения следует предусматривать вертикальную гидроизоляцию, которую рекомендуется устраивать на наружной поверхности подземной части стен, соединяя ее с горизонтальной.

1.9. Для снижения расхода энергии на охлаждение помещения и защиты зданий от воздействия солнечной радиации используются следующие мероприятия: применение солнцезащитных устройств для световых проемов, организованное проветривание, увеличение теплоустойчивости наружных ограждающих конструкций, ориентация здания, светозащитное остекление.

В районах с большим количеством солнечных дней (в III—IV климатических районах) рекомендуется предусматривать меридиональную ориентацию здания для предупреждения перегрева помещений. Постоянные солнцезащитные устройства, размещаемые по фасаду здания, должны проектироваться: при ориентации фасада на юг — горизонтальными, на восток или запад — вертикальными, при других ориентациях на освещенную солнцем сторону — комбинированными, состоящими из горизонтальных и вертикальных солнцезащитных элементов.

1.10. Безынерционные и малоинерционные наружные ограждения для жилых зданий, больничных учреждений (больниц, клиник, стационаров и госпиталей), диспансеров, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов ребенка, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских садов, яслей, яслей-садов (комбинатов) и детских домов, а также производственных зданий, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне или по условиям технологии должны поддерживаться постоянными температура или темпе-

ратура и относительная влажность воздуха, допускается использовать только при наличии эффективной солнцезащиты заполнений световых проемов.

1.11. Наружные поверхности кровель чердачных покрытий бесчердачных крыш следует окрашивать в светлые тона, обладающие высокими отражательными качествами. Рулонные кровли рекомендуется покрывать мелким гравием светлых тонов слоем толщиной не менее 10 мм.

1.12. Полы, устраиваемые на грунте, должны проектироваться в соответствии с п. [1.17]*. При расположении ниже наивысшего уровня капиллярного поднятия грунтовых вод полы должны быть водонепроницаемыми, а в случае насыщения грунтов вредными газами — газонепроницаемыми. В этом случае в конструкции пола следует предусматривать гидроизоляционный слой, располагаемый под подстилающим слоем.

2. СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Порядок расчета

2.1. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o (п. [2.1*]) определяется следующим образом:

а) рассчитывают требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{тр}$ по санитарно-гигиеническим условиям:

по формуле [1] — для ограждающей конструкции (за исключением заполнения светового проема и покрытия теплого чердака);

по табл. [9*] — для окон, балконных дверей и фонарей;

по формуле (14) или (15) для покрытия теплого чердака;

б) рассчитывают экономически целесообразное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{эк}$ по формуле [17], а для покрытий теплого чердака по формуле [22]. Единовременные затраты $C_д$, входящие в формулы [17] и [22], рассчитывают по методике, изложенной в п. 2.5. Сопротивление теплопередаче R_o, содержащееся в формуле [17], для однородной конструкции определяют по формуле [4], а для неоднородной R_o заменяют приведенным сопротивлением теплопередаче $R_o^{пр}$, определяемым по п. 2.8;

в) сопротивление теплопередаче R_o ограждающих конструкций (при наличии в них теплопроводных включений — приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$) в соответствии с п. [2.1*] должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_o^{тр}$ и экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_o^{эк}$;

---

* В квадратных скобках даются номера пунктов, формул, приложений и таблиц СНиП II-3-79**.

г) для неоднородной ограждающей конструкции (за исключением заполнения светового проема) проверяют, выполняется ли требование п. [2.10*], т. е. выполняется ли условие невыпадения конденсата на внутренней поверхности ограждения

$$\tau'_в \geqslant t_р, \qquad (1)$$

где $\tau'_в$ — температура внутренней поверхности ограждающей конструкции по теплопроводному включению (диафрагмы, сквозного шва из раствора, стыка панелей и т. д.), определяемая на основании расчета температурных полей. Для теплопроводных включений, приведенных в прил. [5*], $\tau'_в$ определяется по п. [2.11*]; $t_р$ — температура точки росы, °С, при расчетной температуре $t_в$ и относительной влажности внутреннего воздуха $\varphi_в$ определяется по прил. 1. В расчете покрытия теплого чердака взамен $t_р$ рекомендуется принимать минимально допустимую температуру $\tau^{хол}_{min}$ холодного участка покрытия по графику рис. 11, значение которой определено из условия ограничения конденсата количеством 1 кг/м² за наиболее холодную пятидневку.

Примечание. В Пособии приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, в том числе вычисленное по формулам [10] и [11], будет обозначаться $R^{пр}_о$.

2.2. Требуемое сопротивление теплопередаче $R^{тр}_о$ внутренних ограждающих конструкций между помещениями с нормируемой температурой воздуха следует определять при разности расчетных температур воздуха в этих помещениях Δt более 3°С по формуле [1]. При этом $t_в$ и $t_н$ — расчетные температуры воздуха соответственно теплого и холодного помещения, °С; $n=1$; $\alpha_в$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности (табл. [4*]); $\Delta t^н$ — нормативный температурный перепад между температурой воздуха теплого помещения и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции (табл. [2*]).

Примечание. При $\Delta t \leqslant \Delta t^н$ внутренние ограждающие конструкции удовлетворяют санитарно-гигиеническим условиям при любом значении их сопротивления теплопередаче.

2.3. Порядок определения расчетной зимней температуры $t_н$ при вычислении требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по формуле [1] следующий:

предварительно назначают величину тепловой инерции D, рассчитываемой ограждающей конструкции по гр. 1 табл. [5*];

по выбранной величине D назначают в соответствии с п. [2.3*] расчетную зимнюю температуру наружного воздуха $t_н$;

подставляя в формулу [1] величины n, $t_в$, $\Delta t^н$, $\alpha_в$, а также вышеуказанную величину $t_н$, определяют $R^{тр}_о$.

Проверка правильности назначения расчетной зимней температуры наружного воздуха производится следующим образом:

вычисляют требуемое термическое сопротивление теплоизоляци-

онного слоя $R_{ут}^{тр}$ рассчитываемой конструкции по формуле

$$R_{ут}^{тр} = R_{о}^{тр} - \Sigma R_{к.с} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{1}{\alpha_н}, \qquad (2)$$

где $\Sigma R_{к.с}$ — сумма термических сопротивлений конструктивных слоев, м²·°С/Вт, многослойной ограждающей конструкции; $\alpha_в$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции Вт/(м²·°С), принимаемый по табл. [4*]; $\alpha_н$ — коэффициент теплоотдачи для зимних условий наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С), принимаемый по табл. [6*];

по формуле [2] вычисляют тепловую инерцию рассчитываемой ограждающей конструкции D.

Если величина D рассчитываемой ограждающей конструкции совпадает по диапазону с предварительно заданной, то расчетная зимняя температура $t_н$ выбрана правильно.

Если же величина D ограждающей конструкции находится в другом диапазоне, чем предварительно заданная, то расчетная зимняя температура была назначена неправильно; в качестве расчетной зимней температуры следует выбрать из табл. [5*] температуру, соответствующую вычисленной величине D.

Определение экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_{о}^{эк}$

2.4. Расчет экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_{о}^{эк}$ ограждающей конструкции выполняется в следующей последовательности:

а) определяется толщина первого варианта ограждающей конструкции исходя из сопротивления теплопередаче $R_{01}' = R_{о}^{тр} r_{эф}$ и действующей унификации толщин стеновых конструкций, сопротивление теплопередаче которой R_{01} равно или близко к величине R_{01}'. Величину $R_{о}^{тр}$ следует определять по формуле [1], величину $r_{эф}$ по табл. [9а*];

б) определяются приведенные затраты первого варианта конструкций по формуле [17] с учетом п. 2.5. При этом стоимость тепловой энергии $C_т$ принимается по прил. 2;

в) затем определяются приведенные затраты $П$ для той же конструкции при возрастающих унифицированных ее толщинах. Если приведенные затраты при этом уменьшаются, то расчет ведется до тех пор, пока величина их станет минимальной. Если приведенные затраты при этом увеличиваются, то следует переходить к их определению при уменьшающихся унифицированных толщинах конструкции. Расчет также ведется до тех пор, пока величина приведенных затрат $П$ станет минимальной;

г) экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R_{о}^{эк}$ принимают для того варианта ограждающей конструкции, при

котором обеспечивается минимальная величина приведенных затрат $П$,

2.5. Единовременные затраты $C_д$, руб/м², необходимые для расчета $R_o^{эк}$, определяются по формуле [17а].

Значения величин, входящих в указанную формулу, определяются следующим образом:

а) оптовая цена ограждающей конструкции $Ц$ принимается по прейскурантам в зависимости от ценового пояса, к которому относится пункт строительства, с учетом соответствующего коэффициента к оптовой цене пояса.

В случае отсутствия в прейскурантах оптовых цен на сборные железобетонные конструкции рекомендуется принимать вместо оптовой цены их расчетную стоимость $C_к$, определяемую по Рекомендациям по определению расчетной стоимости и трудоемкости изготовления сборных железобетонных конструкций на стадии проектирования (М.: НИИЭС Госстроя СССР, 1985);

б) стоимость транспортирования ограждающих конструкций с учетом погрузочно-разгрузочных работ определяется с использованием таблиц СНиП IV-4-82. Сборник сметных цен на перевозки грузов для строительства, Ч. I. Железнодорожные и автомобильные перевозки:

$$T = P\,[K_1 T_1 + n\,(1 + 0{,}01H)\,T_2] + Ц_1 V, \qquad (3)$$

где P — масса 1 м² ограждающей конструкции соответствующего варианта, т/м²; T_1 — сметная цена на погрузочно-разгрузочные работы при автомобильных и железнодорожных перевозках, руб/т, принимаемая по таблице сметных цен разд. 1; K_1 — коэффициент к сметной цене на погрузочно-разгрузочные работы при железнодорожных и автомобильных перевозках, принимаемый по таблице коэффициентов разд. 1; T_2 — провозная (тарифная) плата, руб/т, принимаемая за перевозку конструкций автомобильным транспортом — по разд. 3а; за перевозку конструкций железнодорожным транспортом (повагонными отправками грузовой скоростью) по табл. 2 разд. 4; H — надбавка, %, к плате за перевозку строительных крупногабаритных грузов (бетонные, железобетонные и тому подобные конструкции) автомобильным транспортом, принимаемая в размере 25 %. (Для Белорусской, Грузинской, Литовской и Эстонской союзных республик надбавки к плате за перевозку вышеуказанных грузов принимаются в размерах, указанных в п. 12 разд. 3а). При перевозке других конструкций автомобильным транспортом и любых конструкций железнодорожным транспортом в формуле (3) следует принять $H = 0$; n — коэффициент для перехода от массы нетто к массе брутто, принимаемый: при перевозке конструкций из бетона и железобетона автомобильным транспортом равным 1; при перевозке указанных конструкций по железной дороге равным 1,01; при перевозке других конструкций автомобильным и железнодорожным транспортом — по таблице сметных цен на тару, упаковку и реквизит разд. 2а;
$Ц_1$ — стоимость реквизита (подкладок, прокладок, стоек, скруток, инвентарных креплений и др.) для укладки и креплений конструкций в руб. на 1 м³ конструкции в плотном теле (включая объем конструктивно-изоляционных слоев),

Стоимость реквизита при перевозке бетонных и железобетонных конструкций автомобильным транспортом составляет 0,8 руб/м³ (Для Якутской АССР, Магаданской, Сахалинской областей — 1,15, для Камчатской области 1,35, для управления строительством «Вилюйгазстрой» Якутской АССР — 1,4 руб/м³). Стоимость реквизита при перевозке указанных конструкций по железной дороге — 2,6 руб/м³. Стоимость (сметная стоимость) реквизита при перевозке других конструкций автомобильным и железнодорожным транспортом принимается по таблице сметных цен на тару, упаковку и реквизит разд. 2а; V — объем 1 м² ограждающей конструкции соответствующего варианта, м³/м².

Если типы конструкций в разных вариантах существенно не меняются, можно при сравнении принимать одинаковую величину T;

в) стоимость монтажа (возведения) $C_м$ *ограждающей конструкции* определяется в зависимости от территориальных районов по соответствующим сборникам СНиП IV-5-84. Приложение. Сборники единых районных единичных расценок на строительные конструкции и работы.

Примечание. В п. 2.5, *б* даны ссылки на номера разделов и таблицы СНиП IV-4-84, ч. 1.

2.6. При разработке типовых проектов, предназначенных для массового применения, расчет экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий (кроме животноводческих и птицеводческих зданий) для расчетных зимних температур наружного воздуха —10, —20, —30, —40, —50 °С, следует производить с климатическими параметрами, отопительного периода соответственно:

продолжительность отопительного периода 150, 180, 210, 240 и 270 сут;

средняя температура наружного воздуха за отопительный период 5, 0, —5, —10, —15 °С.

При типовом проектировании единовременные затраты $C_д$, руб/м², следует определять по единым районным единичным расценкам на строительные работы для 1 территориального района (подрайона 1а) и базисным ценам на местные строительные материалы и конструкции для Московской обл, а стоимость тепловой энергии принимать равной $C_т$=3,58 руб/ГДж. Коэффициенты теплопроводности материалов следует принимать по прил. [3*] при условии эксплуатации Б.

2.7. При расчете экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_o^{эк}$ ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий в соответствии с п. [2.15*] длительность отопительного периода $z_{от.пер}$, сут, и средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{от.пер}$, °С, определяются в зависимости от граничной наружной температуры отопительного периода $t_{н_1}^г$,

°С, при которой следует начинать (заканчивать) снабжение этих зданий техническим теплом.

При привязке животноводческого или птицеводческого здания к конкретным условиям строительства значение граничной наружной температуры отопительного периода $t_н^г$, °С, следует определять из уравнений тепловлажностного баланса соответствующего помещения без подачи технического тепла.

Для основных типов животноводческих и птицеводческих помещений значения $t_н^г$ допускается принимать по прил. 15.

Длительность $z_{от.пер}$ сут, и среднюю температуру наружного воздуха $t_{от.пер.}$, °С, за отопительный период в зависимости от граничной температуры $t_н^г$, °С, для ряда географических пунктов СССР следует принимать по прил. 16.

Стоимость тепловой энергии $C_т$, руб/ГДж, в формуле [17] для животноводческих и птицеводческих зданий определяется на основе расчетных калькуляций на тепловую энергию в зависимости от источника теплоснабжения и вида топлива.

Величину $C_т$ допускается определять по прил. 2 с коэффициентом 1,1.

При типовом проектировании ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий основные климатологические характеристики наружного воздуха следует принимать по прил. 17 применительно к пяти условным климатическим районам со средними температурами наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, равными соответственно —10, —20, —30, —40 и —50. При типовом проектировании затраты $C_д$, руб/м^2, следует определять в соответствии с указаниями п. 2.5, а стоимость тепловой энергии допускается принимать равной $C_т$=3,94 руб/ГДж. Коэффициенты теплопроводности материалов следует принимать по прил. [3*] при условии эксплуатации *Б*.

Примеры расчета экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_0^{эк}$

Пример 1. Определить толщину наружной стены жилого здания из керамзитобетонных панелей.

Стена имеет внутренний отделочный и наружный защитно-декоративный слой из цементно-песчаного раствора с толщиной соответственно δ_1=1,5 см и δ_2=2 см. Высота здания 45 м. Установка наружных стеновых панелей производится с разрезкой на этаж.

А. Исходные данные

1. Пункт строительства — г. Хабаровск.

2. Параметры внутреннего воздуха: температура $t_в$=18 °С, относительная влажность $\varphi_в$=60 %.

3. Влажностный режим помещения нормальный. Согласно прил. [1] и [2] принимаем условия эксплуатации Б.

4. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов в формулах [1]—[4], [17]:

$t_н$=—32,5 °С (табл. [5*] и СНиП 2.01.01.82); n=1 (табл. [3*], п.1); $\Delta t^н = 6$ °С (табл. [2*], п.1); $\alpha_в$=8,7 Вт/(м²·°С) и $\alpha_п$=23 Вт/(м²·°С); (табл.[4*], п. 1 и табл. [6*], п. 1); $r_{эф} = 1.1$ (табл. [9а*], п. 1); $z_{от.пер} = 205$ сут и $t_{от.пер} = 10,1$ °С (СНиП 2.01.01.82), таблица «Температура наружного воздуха», гр. 22 и 23); $C_т$=5,02 руб/ГДж (принято по прил. 2).

Теплотехнические показатели материалов слоев конструкции при условии эксплуатации Б:

керамзитобетон на керамзитовом песке плотностью 1000 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,41 Вт/(м·°С) — прил. [3*], п. 21; цементно-песчаный раствор плотностью 1800 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,93 Вт/(м·°С) — прил. [3*], п. 71.

Б. Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле [1]

$$R_o^{тр} = \frac{1\,(18 + 32,5)}{6 \cdot 8,7} = 0,967 \text{ м}^2 \cdot °\text{С/Вт}.$$

2. Определяем толщину и сопротивление теплопередаче R_o первого варианта стены для расчета $R_o^{эк}$ по п. [2.15*].

В качестве первого варианта принимается конструкция, приведенное сопротивление теплопередаче которой $R_o^{пр}$ равно или близко величине $R_o^{тр}$ $r_{эф}$=0,967·1,1=1,064 м²·°С/Вт ($r_{эф}$ принимается по табл. [9а*]).

Вычисляем толщину $\delta_{к.б}$ керамзитобетонного слоя стены, приведенное сопротивление теплопередаче которой равно 1,064 м²·°С/Вт. Подставляя в формулу

$$R_o^{пр} = r\left(\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{\lambda_{цр}} + \frac{\delta_{к.б}}{\lambda_{к.б}} + \frac{1}{\alpha_п}\right)$$

соответствующие значения величин, получим:

$$1,064 = 0,95\left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,035}{0,93} + \frac{\delta_{к.б}}{0,41} + \frac{1}{23}\right),$$

откуда $\delta_{к\,б}$=0,379 м и δ (толщина стены)=0,41 м.

В вычислениях было учтено, что коэффициент теплотехнической однородности стен из однослойных панелей r=0,95.

В качестве первого варианта (с учетом унифицированной толщины) принимается стена толщиной 0,4 м (см. Прейскурант № 06-08,

п. 9.61). Приведенное сопротивление теплопередаче этого варианта стены $R_o^{пр}=1{,}032$ м²·°С/Вт.

3. Определение единовременных затрат $C_д$ для стены из керамзитобетонных панелей толщиной 0,4 м:

а) в соответствии с Прейскурантом № 06-08 г. Хабаровск относится к XI поясу и оптовая цена конструкции $Ц=37{,}38$ руб/м² (п. 9.61);

б) Транспортные расходы по п. 2.6, *б* при дальности перевозки панелей — 50 км.

В данном случае: $P=0{,}428$ т/м²; $K_1=1{,}21$; $T_1=0{,}75$ руб/т; $n=1$; $H=25\%$; $T_2=3$ руб/т; $Ц_1=0{,}8$ руб/м³; $V=0{,}4$ м³/м².

Подставляя указанные величины в формулу (3), получим

$$T=0{,}428\,[1{,}21\cdot 0{,}75+1\,(1+0{,}01\cdot 25)\,3]+0{,}8\cdot 0{,}4=2{,}31 \text{ руб/м}^2;$$

в) стоимость монтажа $C_м$ стены из панелей определяем по п. 7-553 СНиП IV-5-82. ЕРЕР, Сб. № 7, $C'_м=5{,}26$ руб/м².

Площадь панели $F=13{,}5$ м²; $C_м=\dfrac{C_м}{F}=\dfrac{5{,}26}{13{,}5}=0{,}39$ руб/м²;

г) подставляя величины $Ц=37{,}38$ руб/м², $T=2{,}31$ руб/м², $C_м=0{,}39$ руб/м² в формулу [17а], получим

$$C_д=1{,}25\,[(37{,}38+2{,}31)\,1{,}02+0{,}39]=51{,}09 \text{ руб/м}^2.$$

4. Приведенные затраты по формуле [17]

$$П=51{,}09+\frac{11{,}3\cdot 10^{-4}\,(18+10{,}1)\,205\cdot 5{,}02}{1{,}032}=82{,}75 \text{ руб/м}^2.$$

5. Аналогично определяются величины $R_o^{пр}$, $Ц$, T, $C_м$ и $П$ для конструкций с толщинами 0,5 и 0,55 м.

Данные расчета приведены в табл. 1.

Таблица 1

Толщина конструкции, м	$R_o^{пр}$, м²·°С/Вт	$Ц$, руб/м²	T, руб/м²	$C_м$, руб/м²	$C_д$, руб/м²	$П$, руб/м²
0,4	1,032	37,38	2,31	0,39	51,09	82,75
0,5	1,264	40,44	2,88	0,39	55,72	81,45
0,55	1,379	41,97	3,13	0,39	58,07	81,72

6. На основании данных расчета по минимуму приведенных затрат П (п. [2.15*]) принимается наружная стена из керамзитобетонных панелей толщиной 0,5 ($R_o=R_o^{эк}=1{,}27>R_o^{тр}=0{,}967$ м²·°С/Вт.

Решение примера 1 на микрокалькуляторе типа «Электроника» (см. прил. 12):

а) рассчитаем $R_o^{тр}$ по программе *1* первой группы, предположив, что величина тепловой инерции ограждения лежит в интервале ($4<D<7$)

$$23\ \ П2\ 8{,}7\ П4 \qquad 0{,}96743286$$
$$В/О\ \ С/П\ 6\uparrow 1\uparrow 18\uparrow 32{,}5\ /-/\ С/П \frac{}{R_o^{тр}};$$

б) по программам *4* и *3* первой группы рассчитаем R_o и D *соответственно, назначив толщину конструкции 0,4 м*

$$23\ П2$$
$$2\ БП26\ С/П\ |2|\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |1|\ 0{,}365\uparrow 0{,}41$$
$$С/П \frac{0{,}9278783}{R_к} С/П \frac{1{,}086299}{R_o}$$
$$2\ БП12\ С/П\ |2|\ 11{,}09\ С/П\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |1|$$
$$6{,}13\ С/П\ 0{,}365\uparrow 0{,}41\ С/П \frac{5{,}8745607}{D}$$

Принятая в качестве $t_в$ температура наиболее холодных трех суток правильная;

в) подберем первый вариант конструкции по программам *1* и *3а* третьей группы:

$$23П2\ 8{,}7\ П4\ 18П5\ 205\ П6\ 10{,}1\ |-|\ П7\ 5{,}02\ П8\ 0{,}95П9$$
$$В/О\ С/П\ 0{,}967\downarrow 1{,}1\ С/П \frac{1{,}0637}{R_o^{тр} - v_{эф}}$$
$$2\ БП06\ С/П\ |2|\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |1|\ 0{,}35\uparrow$$
$$0{,}41\ С/П \frac{1{,}0497137}{R_o} С/П \frac{0{,}013986}{R_o^{тр} - v_{эф}}$$
$$2\ БП06\ С/П\ |2|\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |1|\ 0{,}40\uparrow$$
$$0{,}41\ С/П \frac{1{,}171665}{R_o} С/П \frac{-0{,}107965}{R_o^{тр} - v_{эф}};$$

г) в качестве первого варианта с учетом унифицированной толщины примем стену толщиной 0,4 м, для которой рассчитаем R_o по формуле 3б третьей группы.

$$2\ БП06\ С/П\ |2|\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |1|\ 0{,}365\uparrow 0{,}41\ С/П \frac{1{,}0862991}{R_o};$$

д) рассчитаем транспортные расходы по программе *5* третьей группы

$$БП72\ С/П\ 1\uparrow 3\uparrow 25\ С/П 0{,}428\uparrow 1{,}21\uparrow 0{,}75\ С/П\ 0{,}8\uparrow 0{,}4\ С/П \frac{2{,}31}{T}$$

е) рассчитаем $П$ по программе 4 третьей группы

$$БП30\ С/П\ 37{,}38\ С/П\ 0{,}39\ С/П\ \frac{82{,}76}{П}\ ;$$

ж) повторим пп. 4,5 и 6 для конструкции с толщиной 0,45, 0,5 и 0,55 м

$$2\ БП\ 06\ С/П\ |\ 2\ |\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |\ 1\ |\ 0{,}415\uparrow 0{,}41\ С/П\ \frac{1{,}2082503}{R_0}$$

$$БП72\ С/П\ 1\uparrow 3\uparrow 25\ С/П\ 0{,}485\uparrow 1{,}21\uparrow 0{,}75\ С/П$$

$$0{,}8\uparrow 0{,}45\ С/П\ \frac{2{,}62}{T}$$

$$\left.\begin{array}{l}\uparrow\ БП30\ С/П\ 38{,}91\ С/П\ 0{,}39\ С/П\ \dfrac{81{,}91}{П}\\ \downarrow\ 2БП06\ С/П\ |\ 2\ |\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |\ 1\ |\ 0{,}465\uparrow 0{,}41\ С/П\ \dfrac{1{,}3302015}{R_0}\end{array}\right.$$

$$БП72\ С/П\ 1\uparrow 3\uparrow 25\ С/П\ 0{,}535\uparrow 1{,}21\uparrow 0{,}75\ С/П\ 0{,}8\uparrow 0{,}5\ С/П\ \frac{2{,}89}{T}$$

$$\left.\begin{array}{l}\uparrow\ БП30\ С/П\ 40{,}44\ С/П\ 0{,}39\ С/П\ \dfrac{81{,}17}{П}\\ \downarrow\ 2\ БП06\ С/П\ |\ 2\ |\ 0{,}035\uparrow 0{,}93\ С/П\ |\ 1\ |\ 0{,}515\uparrow 0{,}41\ С/П\ \dfrac{1{,}4521527}{R_0}\end{array}\right.$$

$$БП72\ С/П\ 1\uparrow 3\uparrow 25\ С/П\ 0{,}585\uparrow 1{,}21\uparrow 0{,}75\ С/П$$

$$0{,}8\uparrow 0{,}55\ С/П\ \frac{3{,}17}{T}$$

$$БП30\ С/П\ 41{,}97\ С/П\ 0{,}39\ С/П\ \frac{81{,}41}{П}$$

Минимум $П$ при толщине стены 0,5 м.

Пример 2. Определить, какую из панелей наружных стен экономически целесообразно применять в жилых домах:

керамзитобетонные трехслойные панели с соединительными ребрами (жесткие связи) и утеплители из пенополистирола плотностью 40 кг/м³;

железобетонные трехслойные панели с гибкими связями и утеплителем из пенополистирола плотностью 40 кг/м³.

А. Исходные данные

1. Пункт строительства — Москва.

2. Параметры внутреннего воздуха: температура $t_в = 18°C$, относительная влажность — не нормируется.

3. Влажностный режим помещения — нормальный; условия эксплуатации Б.

4. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов в формулах [1]—[4], [17]:

$t_н = -32$ °С (СНиП 2.01.01—82); $n = 1$ (табл. [3*], п. 1); $\Delta t^н = 6$ °С (табл. [2*], п. 1); $\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м²·°С) и $\alpha_н = 23$ Вт/(м²·°С) (табл. [4*], п.1 и табл. [6*], п. 1); $z_{от.пер.} = 213$ сут и $t_{от.пер} = -3{,}6$ °С (СНиП 2.01.01—82), $C_т = 3{,}58$ руб/ГДж (по прил. 2).

Характеристики панелей и теплотехнические показатели материалов при условии эксплуатации Б и коэффициент теплотехнической однородности приведены соответственно в табл. 2 и 3. Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле [1] равно 0,958 м²·°С/Вт

Таблица 2

Тип панелей	Плотность, кг/м³		Толщина, см			Расход на 1 м²		
	бетона	утеплителя	панели	бетонных слоев	утеплителя	бетона, м³	стали, кг	утеплителя, м³
На жестких связях	1400	40	30	25	5	0,209	6,5	0,031
			35	25	10	0,249	6,6	0,063
			40	25	15	0,289	6,7	0,095
На гибких связях	2500	40	30	20	10	0.206	7,6	0,08
			35	20	15	0,206	7,7	0,121

Таблица 3

Конструкция	Толщина, см	λ, Вт/(м·°С)		Коэффициент r	R_o, м²·°С/Вт
		бетона	утеплителя		
На жестких связях	30	0,65	0,05	0,6	0,926
	35			0,55	1,399
	40			0,48	1,701
На гибких связях	30	2,04	0,05	0,73	1,647
	35			0,65	2,116

Примечание. R_o определяется по формуле [11], коэффициент теплотехнической однородности панельных трехслойных стен r — по прил. [13*].

Б. Порядок расчета

1. Рассматриваемые варианты конструкций должны удовлетворять условию $R_o \geqslant R_o^{тр}$ (см. табл. 3).

Указанному условию удовлетворяют следующие конструкции: трехслойные на жестких связях толщиной $\delta = 35$ и 40 см; трехслойные на гибких связях толщиной $\delta = 30$ и 35 см.

2. Единовременные затраты $C_д$ (стоимость конструкции «в деле») определяются по формуле [17а].

Так как в действующих прейскурантах отсутствуют оптовые цены на все рассматриваемые в примере конструкции, то вместо оптовых цен принимаются расчетные стоимости $C_к$ (см. п. 2.5).

Транспортные расходы T определяются по СНиП IV-4-84. Сборник сметных цен на перевозки грузов для строительства. Ч. 1. Учитываются автомобильные перевозки на условное расстояние 100 км. Расчетная стоимость $C_к$ и транспортные расходы T рассматриваемых конструкций приведены в табл. 4.

Таблица 4

Трехслойные конструкции на связях				
	жестких		гибких	
δ	35	40	30	35
$C_к$	16,14	19,96	15,34	18,24
T	2,55	2,95	3,66	3,66

Таблица 5

Трехслойные конструкции на связях				
	жестких		гибких	
δ	35	40	30	35
$C_д$	26,2	31,58	26,6	30,3
$C_{от}$	13,3	10,94	11,3	8,8
$П$	39,5	42,52	37,9	39,1

Стоимость монтажа $C_м$ сборных железобетонных конструкций определяется по Сб. 7 ЕРЕР-84. Для рассматриваемых конструкций $C_м = 1{,}9$ руб/м^2.

3. Затраты на отопление $C_{от}$, руб/м^2, за срок службы здания в соответствии с формулой [17]

$$C_{от} = \frac{11{,}3 \cdot 10^{-4} (t_в - t_{от.пер})\, z_{от.пер}\, C_т}{R_o} = \frac{11{,}3 \cdot 10^{-4} (18 + 3{,}6)\, 213 \cdot 3{,}58}{R_o} = \frac{18{,}612}{R_o}.$$

Подставляя в полученное выражение величины R_o из табл. 3, получим стоимость отопления для рассматриваемых конструкций. Единовременные затраты, затраты на отопление и приведенные затраты по конструкции приведены в табл. 5.

Из анализа табл. 5 видно, что наименьшую величину приведенных затрат $П$ имеют наружные стены из трехслойных панелей тол-

щиной 30 см на гибких связях, которые экономически целесообразно применять в соответствии с п. [2.16*].

Пример 3. Имеется два типа трехслойных стеновых панелей серии 90 с внешним — наружным и внутренним слоями из керамзитобетона на керамзитовом песке — и средним слоем из полистирольного пенопласта при соединении внешних слоев армированными керамзитобетонными ребрами по контуру панели и проема. Площадь панели $F_2=6{,}39$ м², площадь ребер $F_1=2{,}73$ м² (см. рис. 6 примера 11). Панели имеют внутренний отделочный и наружный защитно-декоративный слои из цементно-песчаного раствора толщиной 2 см. Толщины указанных панелей и их средних утепляющих слоев равны соответственно 35 и 10 см; 35 и 15 см; 40 и 12 см.

Определить, какой из двух типов панелей экономически целесообразно применить в наружных стенах жилого дома высотой 50 м, строящегося в г. Кемерове.

А. Исходные данные

1. Параметры внутреннего воздуха: температура $t_в=18$ °С; относительная влажность $\varphi_в=60$ %.

2. Согласно прил. [1] и [2] принимаем условия эксплуатации А.

3. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов в формулах [1]—[4], [17]:

$t_н=-40{,}5$ °С (табл. [5*] и СНиП 2.01.01—82); $n=1$ (табл. [3*], п. 1); $\Delta t^н=6$ °С (табл. [2*], п. 1); $\alpha_в=8{,}7$ Вт/(м²·°С) и $\alpha_п=23$ Вт/(м²·°С) (табл. [4*], п. 1 и табл. [6*], п. 1), $z_{от.пер}=232$ сут и $t_{от.пер}=-8{,}8$ °С (СНиП 2.01.01—82,

таблица «Температура наружного воздуха», гр. 22, 23); $C_т=3{,}11$ руб/ГДж (прил. 2). Теплотехнические показатели материалов слоев конструкции при условии эксплуатации А: керамзитобетон на керамзитовом песке плотностью 1400 кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,56 Вт/(м·°С) (прил. [5*], п. 19), пенополистирол $\gamma=40$ кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,041 Вт/(м·°С) (прил. [5*], п. 144), цементно-песчаный $\gamma=1800$ кг/м³, коэффициент теплопроводности 0,76 Вт/(м·°С) (прил. [5*], п. 71).

Б. Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче по формуле [1]:

$$R_o^{тр}=\frac{1\,(18+40{,}5)}{6\cdot 8{,}7}=1{,}121 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

2. Определение единовременных затрат $C_д$ для стены из панелей толщиной 35 см и средним утепляющим слоем 10 см:

а) В соответствии с таблицей поясного деления (см. Прейску-

рант № 06—08. Ч. 1) г. Кемерово относится к VII поясу. По дополнительному Прейскуранту № 06-08-1981/30 оптовая цена указанной панели для VII пояса $Ц=29{,}87$ руб/м² (п. 9.2450);

б) транспортные расходы по п. 2.6, б при дальности перевозки панелей автомобильным транспортом 50 км.

В данном случае $P=0{,}37$ т/м², $K_1=1{,}11$; $T_1=0{,}75$ руб/т; $n=1$; $H=25\%$; $T_2=2{,}64$ руб/т; $Ц_1=0{,}8$ руб/м³; $V=0{,}35$ м³/м².

Подставляя указанные величины в формулу (3), получим

$$T=0{,}37\,[1{,}11\cdot 0{,}75+1\,(1+0{,}01\cdot 25)\,2{,}64]+0{,}8\cdot 0{,}35=$$
$$=1{,}809 \text{ руб/м}^2;$$

в) стоимость монтажа $C_м$ стены из бетонных панелей определяем по п. 7.533 СНиП IV-5-84. ЕРЕР, Сб. № 7. Затраты на установку панели равны $C'_м=5{,}26$ руб., площадь панели $F_2=6{,}39$ м².

$$C_м=\frac{C'_м}{F_2}=\frac{5{,}26}{6{,}39}=0{,}82 \text{ руб/м}^2;$$

г) подставляя величины $Ц=29{,}87$ руб/м², $T=1{,}809$ руб/м²; $C_м=0{,}82$ руб/м² в формулу [17а], получим

$$C_д=1{,}25\,[(29{,}87+1{,}809)\,1{,}02+0{,}82]=41{,}416 \text{ руб/м}^2.$$

3. Определение приведенного сопротивления теплопередаче R_o стены из панелей толщиной 35 см и средним утепляющим слоем 10 см.

а) сопротивление теплопередаче панельной стены без учета теплопроводных включений по формуле [4]

$$R_o^{усл}=\frac{1}{8{,}7}+\frac{0{,}04}{0{,}76}+\frac{0{,}21}{0{,}56}+\frac{0{,}1}{0{,}041}+\frac{1}{23}=3{,}025 \text{ м}^2\cdot{}^\circ\text{C/Вт};$$

б) коэффициент теплотехнической однородности r по прил. [13*] при $\frac{F_1}{F_2}=\frac{2{,}73}{6{,}39}=0{,}43$;

$r_1=0{,}444$ (прил. 3), где табл. [1] из прил. [13*] дана более подробно; $r_2=0{,}9$ (табл. [2], прил. [13*]); $r=0{,}444\cdot 0{,}9=0{,}399$;

в) приведенное сопротивление теплопередаче R_o по формуле [11]

$$R_o=3{,}025\cdot 0{,}399=1{,}207 \text{ м}^2\cdot{}^\circ\text{C/Вт}.$$

4. Приведенные затраты по формуле [17]

$$П=41{,}416+\frac{[11{,}3\cdot 10^{-4}\,(18+8{,}8)\,232\cdot 3{,}11]}{1{,}207}=59{,}52 \text{ руб/м}^2.$$

5. Аналогично определяются величины R_o, $Ц$, T, $C_м$ и $П$ для

других ограждающих конструкций (данные расчета приведены в табл. 6)

Таблица 6

Толщина, см		R_o, м².°С/Вт	$Ц$, руб/м²	$Т$, руб/м²	$С_м$, руб/м²	$С_д$, руб/м²	$П$, руб/м²
конструкции	среднего утепляющего слоя						
35	10	1,207	29,87	1,809	0,82	41,416	59,52
35	15	1,276	30,89	1,528	0,82	42,358	59,48
40	12	1,264	31,22	2,027	0,82	43,414	60,7

6. Из данных табл. 6 следует, что из трех указанных панелей экономически целесообразно применять в стенах жилых домов, строящихся в г. Кемерове, панели толщиной 35 см и с утеплителем толщиной 15 см ($R_o = R_o^{эк} > R_o^{тр}$ и приведенные затраты минимальны).

Пример 4. Определить, какие окна с деревянными переплетами экономически целесообразно применять в жилых зданиях, строящихся в г. Дмитрове Московской обл.

А. Исходные данные

1. Расчетная температура внутреннего воздуха $t_в = 18$ °С.

2. Средняя температура наиболее холодной пятидневки $t_н = -28$ °С (СНиП 2.01.01—82, таблица «Температура наружного воздуха», гр. 21).

3. Величины показателей в формуле [17]: $t_{от.пер} = -3{,}8$ °С, $z_{от.пер} = 217$ сут (СНиП 2.01.01—82); $С_т = 3{,}58$ руб/ГДж (прил. 2).

4. Отношение площади остекления к площади окна равно 0,8.

Б. Порядок расчета

1. Требуемое сопротивление теплопередаче окон $R_o^{тр} = 0{,}42$ м²××°С/Вт (табл. [9*], п. 1, гр. 3, при $t_в - t_н = 46$ °С).

2. Выбираем из прил. [6*] типы окон жилых зданий, имеющих $R_o > R_o^{тр}$, с учетом поз. 4 исходных данных. Для экономического расчета выбираются окна:

с двойным остеклением в деревянных раздельных переплетах ($R_o = 0{,}42$ м²·°С/Вт);

с тройным остеклением в деревянных раздельно-спаренных переплетах ($R_o = 0{,}55$ м²·°С/Вт).

3. Единовременные затраты $С_д$, руб/м², входящие в формулу [17], определяются по сметным ценам, введенным в действие с 1 января 1982 г. Для окон с двойным остеклением в деревянных переплетах единовременные затраты по формуле [17а] составляют:

$$С_д = 1{,}25\,[(23 + 4{,}47)\,1{,}02 + (0{,}92 + 3{,}4 + 1{,}17)] = 41{,}9 \text{ руб/м}^2;$$

где 23 руб/м² — сметная цена оконного блока (СНиП IV-4-84, ч. II. Строительные конструкции и детали); 4,47 руб/м² — стоимость установки оконного блока (СНиП IV-5-84, Сб. 10. Деревянные конструкции); 0,92 руб/м² — стоимость установки подоконных досок (СНиП IV-5-84, Сб. 10. Деревянные конструкции); 3,4 руб/м² — стоимость остекления оконных переплетов (Прейскурант № 07-27-01 «Оптовые цены на детали и конструкции из дерева строительные»); 1,17 руб/м² — стоимость подоконной доски (СНиП IV-4-84, ч. II. Строительные конструкции и детали).

Аналогично определяются единовременные затраты $C_д$ для других заполнений световых проемов (данные расчета приведены в табл. 7).

4. Приведенные затраты $П$, руб/м², по формуле [17]

$$П = 41,9 + \frac{[11,3 \cdot 10^{-4} (18 + 3,8)\, 217 \cdot 3,58]}{0,42} = 87,47 \text{ руб/м}^2.$$

Аналогично определяются приведенные затраты $П$ для тройного остекления световых проемов (табл. 7).

Таблица 7

Заполнение светового проема (оконные блоки)	R_o, м²·°С/Вт	$C_д$, руб/м²	$П$, руб/м²
Двойное остекление в деревянных раздельных переплетах	0,42	41,9	87,47
Тройное остекление в деревянных раздельно-спаренных переплетах	0,55	58,3	93,05

5. Итоговые данные расчета подтверждают экономическую целесообразность применения двойного остекления в деревянных раздельных переплетах.

Определение приведенного сопротивления теплопередаче $R^{пр}$

2.8. Приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$, м²·°С/Вт, неоднородной ограждающей конструкции (или ее участка определяется по формуле

$$R_o^{пр} = \frac{t_в - t_н}{Q} F, \qquad (4)$$

где Q — тепловой поток через ограждающую конструкцию (или ее участок), Вт; F — площадь конструкции (или ее участка), м²; $t_в$ и $t_н$ — температура соответственно внутреннего и наружного воздуха, °С.

В общем случае тепловой поток Q определяется по результатам численного расчета на ЭВМ температурного поля конструкции, как

Таблица 7

Схема теплопроводного включения по прил. [5*]		$\lambda_т/\lambda$	Коэффициент K_i при a/δ[5*]							
			0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2
I		2	1,02	1,01	1,01	1,01	1	1	1	1
		5	1,16	1,11	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01
		10	1,33	1,25	1,15	1,1	1,08	1,06	1,04	1,03
		30	1,63	1,47	1, 27	1,18	1,14	1,11	1,07	1,05
II		10—40	2,65	2,2	1,77	1,6	1,55	—	—	—
III при c/δ	0,25	2	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1
		5	1,12	1,08	1,05	1,04	1,03	1,03	1,02	1,01
		10	1,18	1,13	1,07	1,05	1,04	1,04	1,03	1,02
		30	1,21	1,16	1,1	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02
	0,5	2	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01
		5	1,28	1,21	1,13	1,09	1,07	1,06	1,04	1,03
		10	1,42	1,34	1,22	1,14	1,11	1,09	1,07	1,05
		30	1,62	1,49	1,3	1,19	1,14	1,12	1,09	1,06

	0,75	2	1,06	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01
		5	1,25	1,2	1,14	1,1	1,08	1,07	1,05	1,03
		10	1,53	1,42	1,25	1,16	1,12	1,11	1,08	1,05
		30	1,85	1,65	1,38	1,24	1,18	1,15	1,11	1,08
IV при c/δ	0,25	2	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1	1
		5	1,12	1,10	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01
		10	1,2	1,16	1,1	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02
		30	1,28	1,22	1,14	1,09	1,07	1,06	1,04	1,03
	0,5	2	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01
		5	1,32	1,25	1,17	1,13	1,1	1,08	1,06	1,04
		10	1,54	1,42	1 27	1,19	1,14	1,12	1,09	1,06
		30	1,79	1,61	1,38	1,26	1,19	1,16	1,12	1,08
	0,75	2	1,07	1,05	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01
		5	1,36	1,28	1,18	1,14	1,11	1,09	1,07	1,05
		10	1,64	1,51	1,33	1,23	1,18	1,15	1,11	1,08
		30	2,05	1,82	1,5	1,33	1,25	1,21	1,16	1,11

Примечание. Обозначения приняты по прил. [5*].

указано в прил. 14. В зависимости от типа ограждающей конструкции, ее неоднородностей и наличия различных примыкающих конструкций возможно использование программ для расчета двумерных или трехмерных температурных полей (примеры 5—8).

Для некоторых частных случаев допускается использовать упрощенные (без применения ЭВМ) методы расчета приведенного сопротивления теплопередаче неоднородной ограждающей конструкции или ее участка по формуле [11], где $R_o^{усл}$ определяется в соответствии с п. 2.9 (примеры 9—13).

Для неоднородных трехслойных панельных стен с теплоизоляционными вкладышами или на однотипных гибких металлических связях с равномерным шагом коэффициент теплотехнической однородности r определяется по прил. [13*] (примеры 9—11). Табл. 1 прил. [13*] в расширенном виде представлена в прил. 3.

Для неоднородных ограждающих конструкций, включающих протяженные теплопроводные включения типа I, IIа, IIб, III и IV — по прил. [5*], (пример 11), коэффициент теплотехнической однородности определяется по формуле

$$r = \frac{1}{1 + \frac{1}{F}\sum_{i=1}^{m} \frac{R_{0,i}^{усл}}{R'_{0,t}} a_i L_i K_i}, \qquad (5)$$

где F — общая площадь конструкции, м²; m — число теплопроводных включений в конструкции; a_i и L_i — соответственно ширина и длина i-го теплопроводного включения, м; K_i — коэффициент, зависящий от типа i-го теплопроводного включения. Для неметаллических включений определяется по табл. 7, для металлических — по формуле

$$K_i = 1 + \psi_i \frac{\delta_i^2}{\lambda_i a_i R_{o,i}^{усл}}. \qquad (6)$$

Здесь ψ_i — коэффициент, зависящий от типа теплопроводного включения, определяемый по табл. 8, δ_i и λ_i — то же, что в прил. [5*]. Остальные обозначения те же, что в формуле [13].

Для ограждающих конструкций из трехслойных железобетонных панелей (с проемами или без них) с разнотипными гибкими металлическими связями коэффициент теплотехнической однородности r определяется по формуле

$$r = \left(1 + \frac{1}{F_o}\sum_{i=1}^{n} F_i f_i\right)^{-1}, \qquad (7)$$

где F_o — общая площадь панели без учета площади проема, м²; F_i — площадь зоны влияния i-го теплопроводного включения, м², определяемой по формулам (8)—(11); f_i — коэффициент влияния i-го теп-

Таблица 8

Схема теплопроводного включения по прил. [5*]		Значения коэффициента ψ при $a\lambda_т/\delta_{ут}\lambda_{ут}$ (прил. [5*])								
		0,25	0,5	1	2	5	10	20	50	150
I		0,024	0,041	0,066	0,093	0,121	0,137	0,147	0,155	0,19
IIб		—	—	—	0,09	0,231	0,43	0,665	1,254	2,491
III при c/δ	0,25	0,016	0,02	0,023	0,026	0,028	0,029	0,03	0,03	0,031
	0,5	0,036	0,054	0,072	0,083	0,096	0,102	0,107	0,109	0,11
	0,75	0,044	0,066	0,095	0,122	0,146	0,161	0,168	0,178	0,194
IV при c/δ	0,25	0,015	0,02	0,024	0,026	0,029	0,031	0,033	0,039	0,048
	0,5	0,037	0,056	0,076	0,09	0,103	0,12	0,128	0,136	0,15
	0,75	0,041	0,067	0,01	0,13	0,16	0,176	0,188	0,205	0,22

Таблица 9

Вид теплопроводного включения	Коэффициент влияния f_i			
Стыки	без примыкания внутренних ограждений	с примыканием внутренних ограждений		
		без ребер	с ребрами толщиной, мм	
			10	20
$R_{ст}/R_к^{усл}$:				
1 и более	—	—	0,07	0,12
0,9	—	0,1	0,14	0,17
0,8	0,01	0,13	0,17	0,19
0,7	0,02	0,2	0,24	0,26
0,6	0,03	0,27	0,31	0,34
0,5	0,04	0,33	0,38	0,41

Оконные откосы	без ребер	С ребрами толщиной	
		10 мм	20 мм
$\delta'_{ок}/\delta'_{п}$:			
0,2	0,45	0,58	0,67
0,3	0,41	0,54	0,62
0,4	0,35	0,47	0,55
0,5	0,29	0,41	0,48
0,6	0,23	0,34	0,41
0,7	0,17	0,28	0,35
0,8	0,11	0,21	0,28
Утолщение внутреннего железобетонного слоя $R_у/R_к^{усл}$:			
0,9	0,02	—	—
0,8	0,12	—	—
0,7	0,28	—	—
0,6	0,51	—	—
0,5	0,78	—	—
Гибкие связи диаметром, мм:			
4	0,05	—	—
6	0,1	—	—
8	0,16	—	—
10	0,21	—	—
12	0,25	—	—
14	0,33	—	—
16	0,43	—	—
18	0,54	—	—
20	0,67	—	—

Примечания: 1. В таблице приведены $R_к^{усл}$, $R_{ст}$, $R_у$ — термические сопротивления, м²·°С/Вт, соответственно панели вне теплопроводного включения, стыка, утолщения внутреннего железобетон-

ного слоя, определяемые по формуле [5]; $\delta'_{ок}$ и $\delta'_{п}$ — расстояния, м, от продольной оси оконной коробки до ее края и до внутренней поверхности панели. 2. Промежуточные значения следует определять интерполяцией.

лопроводного включения, определяемый для отдельных элементов по табл. 9; n — число теплопроводных включений.

Площадь F_i зоны влияния i-го теплопроводного включения при толщине панели $\delta_п$, м, определяется по формулам:

а) для стыков длиной l, м

$$F_i = l\delta_п; \tag{8}$$

б) для горизонтальных и вертикальных оконных откосов длиной соответственно l_1 и l_2, м

$$F_i = 2\delta_п (l_1 + l_2) + \pi\delta_п^2; \tag{9}$$

в) для теплопроводных включений прямоугольного сечения шириной a и высотой b, м

$$F_i = (a + 2\delta_п)(b + 2\delta_п); \tag{10}$$

г) для теплопроводных включений типа «гибких связей» (распорки — шпильки, распорки-стержни и пр.)

$$F_i = 4\delta_п^2. \tag{11}$$

2.9. Могут применяться также следующие способы определения приведенного сопротивления теплопередаче $R_o^{пр}$. Для ограждающих конструкций, в которых конструктивное решение отдельных слоев неоднородно (многослойная каменная стена облегченной кладки с теплоизоляционным слоем и т. п.), $R_o^{пр}$ определяется в соответствии с пп. [2.6*, 2.8, 2.9*]. Данные $R_o^{пр}$ и r некоторых ограждающих конструкций приведены в прил. 4.

Для ограждающей конструкции, включающей участки с различными термическими сопротивлениями, $R_o^{пр}$ можно определять по формуле

$$R_o^{пр} = \frac{F}{\sum\limits_{i=1}^{m} \frac{F_i}{R_{oi}}}, \tag{12}$$

где F_i и R_{oi} — соответственно площадь i-го участка ограждающей конструкции, м², и его сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт; $F = \sum\limits_{i=1}^{m} F_i$ — общая площадь конструкции, м²;

m — число участков конструкции с различными термическими сопротивлениями,

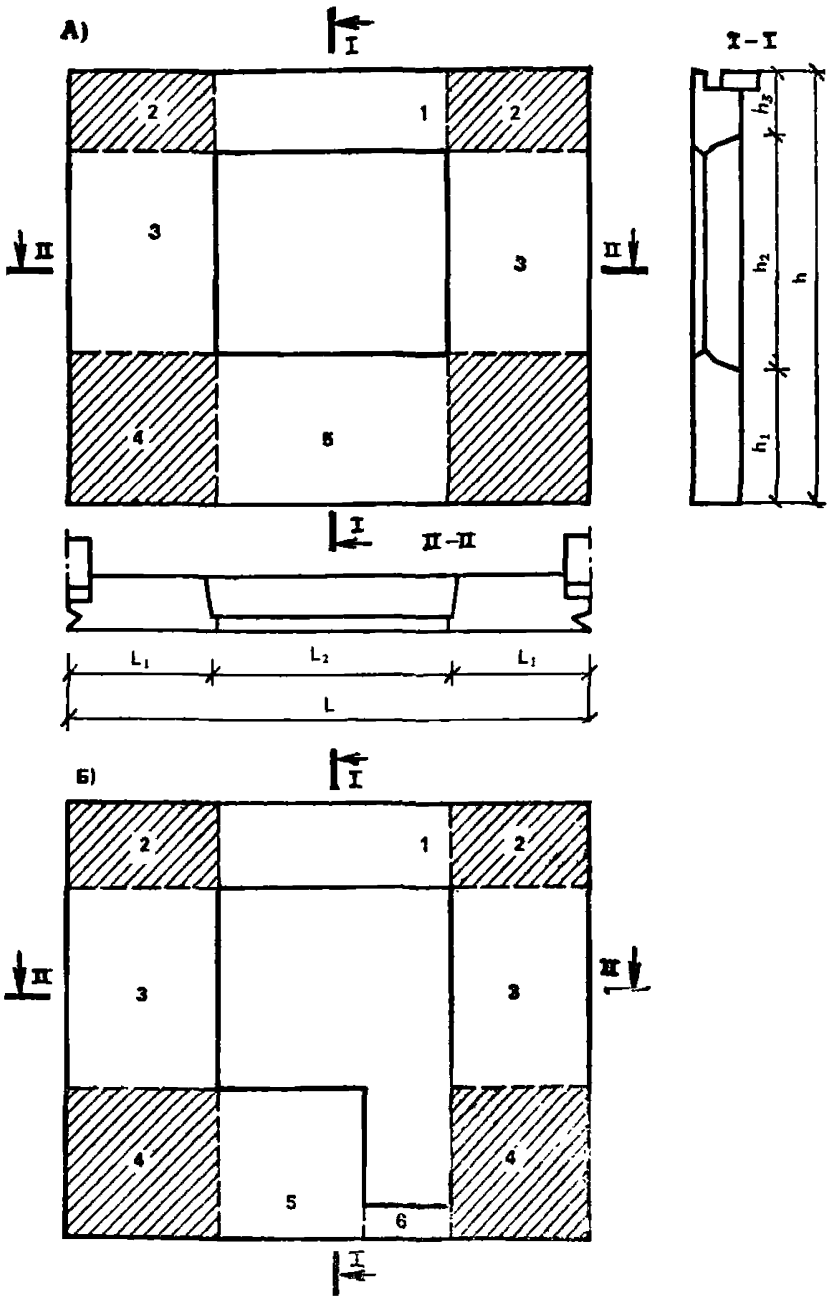


Рис. 1. Схема разбивки на расчетные участки стеновой панели для определения $R_б^{пр}$

А — для панели с оконным проемом; *Б* — для панели с проемом для окна и двери; *1*, *2* — перемычка; *3*, *4* — простенок; *5* — подоконный участок; *6* — подверной участок

Так, например, для стеновой панели с оконным проемом или проемом для окна и двери одна из возможных схем разбивки на расчетные участки показана на рис. 1. Определение приведенного сопротивления теплопередаче каждого участка производится на основании

расчета на ЭВМ температурных полей узлов сопряжения конструктивных элементов панели или экспериментально по ГОСТ 26254—84. Приведенное сопротивление теплопередаче панели определяется на основании приведенных сопротивлений теплопередаче характерных участков по формуле

$$R_o^{пр} = \frac{F}{\frac{F_1}{R_{0,1}^{пр}} + \frac{F_2}{R_{0,2}^{пр}} + \frac{F_3}{R_{0,3}^{пр}} + \frac{F_4}{R_{0,4}^{пр}} + \frac{F_5}{R_{0,5}^{пр}}}, \qquad (13)$$

где F — площадь панели (за вычетом площади окна) по наружному обмеру, м²; F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 и $R_{0,1}^{пр}$, $R_{0,2}^{пр}$, $R_{0,3}^{пр}$, $R_{0,4}^{пр}$, $R_{0,5}^{пр}$ — площади, м², и приведенные сопротивления теплопередаче обозначенных на рис. 1 участков стены (простенка, перемычки, подоконного участка, верхних и нижних угловых участков), м²·°С/Вт.

2.10. Приведенное сопротивление теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей определяется по прил. [6*].

Примеры расчета приведенного сопротивления теплопередаче с использованием ЭВМ

Пример 5. Требуется определить приведенное сопротивление теплопередаче неоднородной стеновой панели.

А. Исходные данные

1. Конструкция панели изображена на рис. 2. Она состоит из двух стальных профилированных листов с коэффициентом теплопроводности 58 Вт/(м·°С), между которыми размещены минераловатные полужесткие плиты плотностью 200 кг/м³, с коэффициентом теплопроводности 0,08 Вт/(м·°С). Листы соединяются между собой стальными профилями через бакелизированные фанерные прокладки толщиной 8 мм, с коэффициентом теплопроводности 0,18 Вт/(м·°С).

2. В расчете приняты следующие условия на сторонах ограждения:

снаружи — $t_н = -30$ °С и $\alpha_н = 23$ Вт/(м²·°С);

внутри — $t_в = 18$ °С и $\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м²·°С).

Б. Порядок расчета

На процесс теплопередачи в рассматриваемой конструкции оказывают существенное влияние стальные профили, соединяющие профилированные листы обшивки друг с другом и образующие так называемые мостики холода. Для разрыва этих мостиков холода профили присоединены к листам через фанерные прокладки. Участок конструкции с ребром посередине возможно выделить для расчета температурного поля.

Температурное поле рассматриваемого участка двухмерно, так

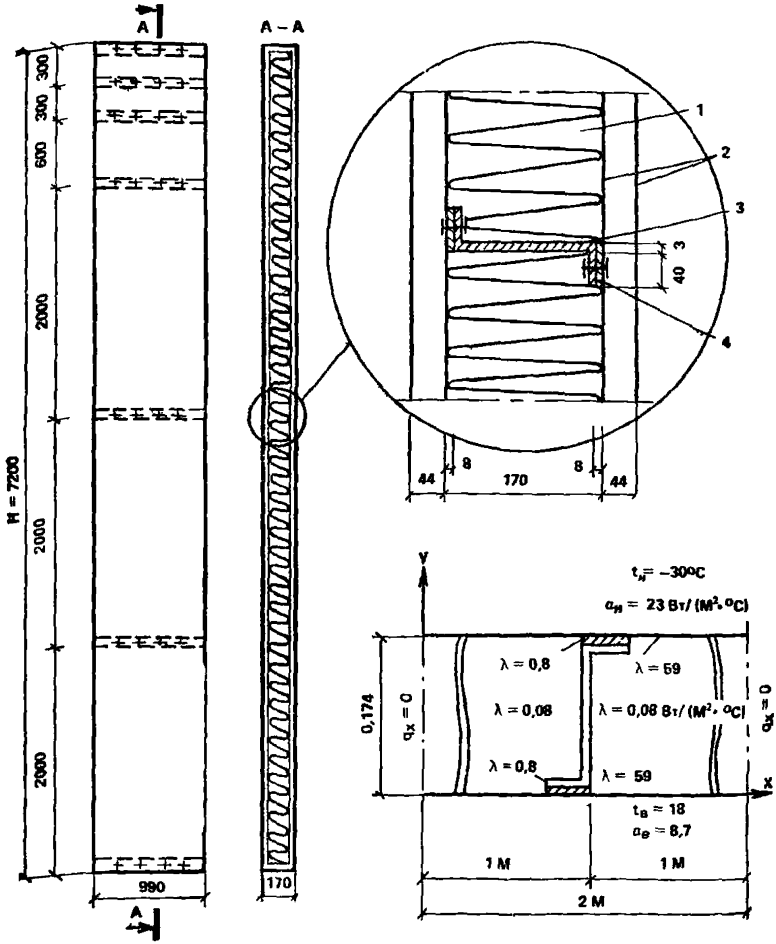


Рис. 2. Конструкция панели типа «сэндвич» и чертеж исследуемой области

1 — минераловатные плиты; 2 — профилированные стальные листы; 3 — стальные профили; 4 — фанерные прокладки

как распределение температуры во всех плоскостях, параллельных плоскости поперечного сечения конструкции, одинаково. Профили в основной части находятся на расстоянии 2 м один от другого, поэтому при расчете можно учесть ось симметрии посредине этого расстояния.

Исследуемая область (см. рис. 2) имеет форму прямоугольника, две стороны которого являются естественными границами ограждающей конструкции, на которых задаются условия теплообмена с ок-

ружающей средой, а остальные две — осями симметрии, на которых возможно задавать условия полной теплоизоляции, т. е. тепловой поток в направлении оси ox, равный нулю.

Исследуемая область для расчета согласно прил. 14 была расчленена на 1215 элементарных блоков с неравномерными интервалами.

В результате расчета двухмерного температурного поля на ЭВМ получен осредненный тепловой поток, проходящий через рассчитанный участок ограждающей конструкции, равный $Q=52{,}25$ Вт. Площадь рассчитанного участка составляет $F=2$ м².

Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитанного фрагмента по формуле (4)

$$R_o^{пр} = (18 + 30)\,(2/52{,}25) = 1{,}837 \text{ м}^2\cdot\text{С/Вт}.$$

Для сравнения сопротивления теплопередаче вне теплопроводного включения по формуле [4]

$$R_o^{усл} = \frac{1}{23} + \frac{0{,}0008}{58} + \frac{0{,}17}{0{,}08} + \frac{0{,}0008}{58} + \frac{1}{8{,}7} = 2{,}283 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Температура внутренней поверхности в зоне теплопроводного включения по расчету на ЭВМ равна 8,55 °С. Проверим на условие выпадения конденсата. При $t_в=18$ °С и $\varphi=55$ % по прил. 1 температура точки росы $t_р=8{,}83$ °С, что выше температуры поверхности по теплопроводному включению, следовательно при расчетной температуре наружного воздуха —30 °С будет выпадение конденсата и конструкция нуждается в доработке.

Расчетная температура наружного воздуха, при которой не будет выпадения конденсата, определяется по формуле (2) прил. 14.

$$t_н = 18 - \left[\frac{18 + 30}{18 - 8{,}55}\right](18 - 8{,}83) = -28{,}6\ \text{°С}.$$

Пример 6. Определить приведенное сопротивление теплопередаче участке трехслойной ограждающей конструкции — стеновой панели с гибкими связями из металла.

А. Исходные данные

1. Конструкция панели представлена на рис. 3. Пунктиром обозначен участок конструкции, более детально приведенный на рис. 3. Между слоями бетона (*1*) толщиной 60 и 80 мм помещен слой утеплителя (*2*) из пенополистирола толщиной 120 мм. Стальные арматурные сетки (*3*) выполнены из стержней диаметром 6 мм с размерами ячеек 300 на 600 мм. Железобетонные слои соединены с помощью металлических стержней (*4*) — гибких связей, расположенных против узлов арматурных сеток. Железобетонные слои имеют коэффициент теплопроводности 1,74 Вт/(м·°С); утеплитель — 0,04 Вт/(м·°С) и стальные стержни — 58 Вт/(м·°С).

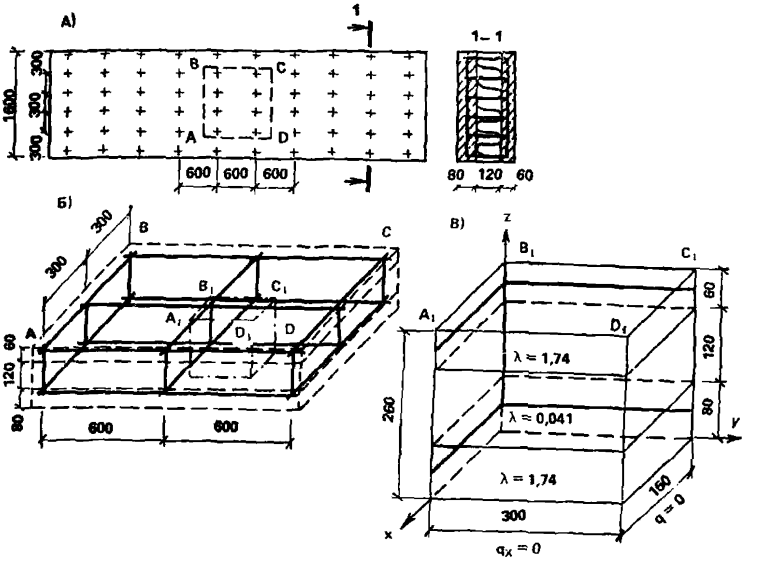


Рис. 3. Конструкция панели и схема расчета трехмерной задачи на ЭВМ

а — *схема панели; б* — участок ABCD, выделенный для расчета; *в* — то же, $A_1B_1O_1D_1$ для расчета на ЭВМ

2. В расчете приняты следующие условия на поверхностях ограждения по данным эксперимента:

снаружи $t_н = -20$ °С и $\alpha_н = 14{,}3$ Вт/(м²·°С);

внутри $t_в = 20$ °С и $\alpha_в = 7{,}7$ Вт/(м²·°С).

Б. Порядок расчета

Процесс теплопередачи в рассматриваемой конструкции существенно трехмерен, так как потоки тепла интенсивно распространяются по металлическим стержням, образующим каркас. Поэтому необходим расчет трехмерного температурного поля.

Выделим для расчета только часть конструкции (см. рис. 3) исходя из следующих соображений. Температурное поле симметрично относительно двух плоскостей сечений, проходящих через оси стержней гибких связей и стержней арматурной сетки. Оно также симметрично относительно двух плоскостей сечений, проходящих через середины сетки и перпендикулярных стержням. Поэтому по условию симметрии на этих плоскостях перпендикулярные плоскостям сечений тепловые потоки можно принять равными нулю.

Исследуемая область была расчленена на 4200 элементарных прямоугольных параллелепипедов параллельными плоскостями, перпендикулярными координатным плоскостям и отстоящими одна от

другой на неравномерные интервалы. В результате расчета на ЭВМ получены поле температур и поле тепловых потоков. При площади поверхности рассматриваемого участка $F=0{,}045$ м² осредненный тепловой поток составил $Q=0{,}589$ Вт и приведенное сопротивление теплопередаче, вычисленное по формуле (4), равно:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{20+20}{0{,}589}\,0{,}045 = 3{,}056 \text{ м}^2\cdot{}^\circ\text{C/Вт}.$$

Для сравнения укажем, что приведенное сопротивление теплопередаче такого же участка панели без гибких связей составляет $R_0^{\text{усл}}=3{,}21$ м²·°С/Вт, т. е. коэффициент теплотехнической однородности рассчитываемой панели равен $r=0{,}95$. Незначительное влияние оказывают гибкие связи рассматриваемого типа и на температуру внутренней поверхности. Так, рассчитанные температуры внутренней поверхности против стержня гибкой связи $\tau_в=18{,}15$ °С, а в точке, равноудаленной от связей $\tau_в=18{,}34$ °С, а такой же поверхности, но в конструкции без гибких связей, $\tau_в=18{,}38$ °С, т. е. наличие гибкой связи вызывает снижение температуры внутренней поверхности на 0,23 °С.

Пример 7. Определить приведенное сопротивление теплопередаче экструзионной панели совмещенной крыши.

А. Исходные данные

1. Конструкция панели совмещенной крыши (рис. 4) размером 3180×3480×270 мм представляет в сечении трехслойную оболочку. Наружный и внутренний слои толщиной 50 и 60 мм из железобетона с коэффициентом теплопроводности 2,04 Вт/(м·°С). Средний теплоизоляционный слой из пенополистирольных плит с коэффициентом теплопроводности 0,05 Вт/(м·°С). Каждая из оболочек имеет параллельные один другому на расстоянии 700 мм ребра по 60 и 40 мм, доходящие до середины теплоизоляционных слоев. Направления ребер оболочек взаимно перпендикулярны и таким образом каждое ребро одной оболочки примыкает к ребру другой оболочки на площадках 60×40 мм.

2. В расчете приняты следующие условия на поверхностях ограждения

снаружи — $t_н=-40$ °С и $\alpha_н=23$ Вт/(м²·°С);
внутри — $t_в=18$ °С и $\alpha_в=8{,}7$ Вт/(м²·°С).

Б. Порядок расчета

Процесс теплопередачи в такой ограждающей конструкции трехмерен, так как распределение температур определяется не только потоками тепла, перпендикулярными плоскости ограждения, но и потоками тепла в его плоскости. Поле температур симметрично относительно координатных плоскостей, поэтому для расчета возможно

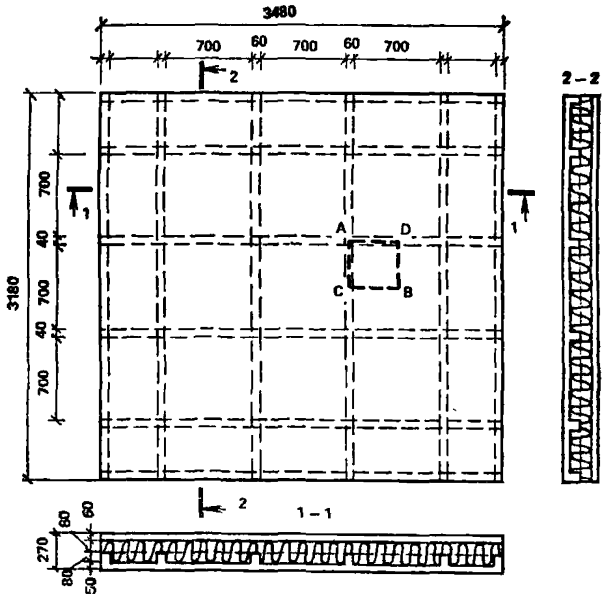


Рис. 4. Схема конструкции панели совмещенной крыши

вырезать исследуемую область конструкции плоскостями, параллельными кординатным (на рис. 4 помечено буквами *ADBC*). На рис. 5 аксонометрическая проекция этой части конструкции. Условия теплообмена: на плоскостях AOD′D, CC′OA, BB′D′D, CC′B′B тепловые потоки, перпендикулярные осям координат *OX* и *CУ*, равны нулю; на плоскостях ACBD и *OC′B′D′* возможно задать граничные условия второго рода — для плоскости *ACBD* $t_н = -40$ °С и $\alpha_н = 23$ Вт/(м²·°С), для плоскости *OC′B′D′* $t_в = 18$ °С и $\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м²·°С).

Согласно принятой методике расчета трехмерного температурного поля исследуемая область расчленяется на 3528 элементарных параллелепипедов. Расчет выполняется на ЭВМ. В результате расчета получаем осредненный тепловой поток $Q = 3{,}108$ Вт. Площадь рассчитанного фрагмента $F = 0{,}35 \cdot 0{,}35 = 0{,}1225$ м².

Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитанного участка и всей панели определяется по формуле (4)

$$R_o^{пр} = \frac{[(18 + 40) \cdot 0{,}1225]}{3{,}108} = 2{,}286 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Пример 8. Определить приведенное сопротивление теплопередаче трехслойной конструкции стеновой панели с обрамляющими ребрами.

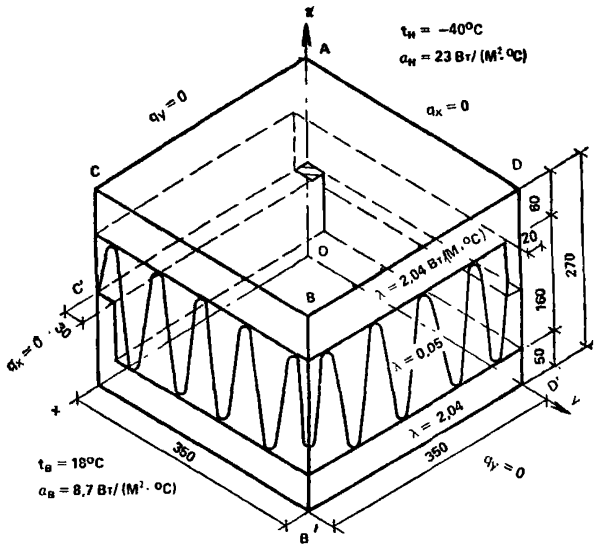


Рис. 5. Схема расчета конструкции панели совмещенной крыши

А. Исходные данные

1. Конструкция стеновой панели Н5В дома серии 90 из керамзитобетона плотностью 1400 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 0,65 Вт/(м·°С) приведена на рис. 6. Средний теплоизоляционный слой из пенополистирольных плит толщиной 15 см плотностью 40 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 0,05 Вт/(м·°С). Панель размером 2990×2900×400 мм имеет окно 1510×1510 мм.

2. В расчете приняты следующие условия на поверхностях ограждения.

снаружи $t_н = -30$ °С и $\alpha_н = 23$ Вт/(м²·°С);

внутри $t_в = 18$ °С и $\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м²·°С).

Б. Порядок расчета

Так же, как и в предыдущем примере величину Q определяем расчетом трехмерного температурного поля. При расчете границы панели принимаем в середине вертикального и горизонтального стыков, при этом толщиной слоя раствора пренебрегаем. Таким образом, получаем высоту панели 2770 мм, ширину 2900 мм.

По условию симметрии температурного поля при расчете можно рассмотреть половину панели, расположить ее относительно осей координат, как показано на рис. 6.

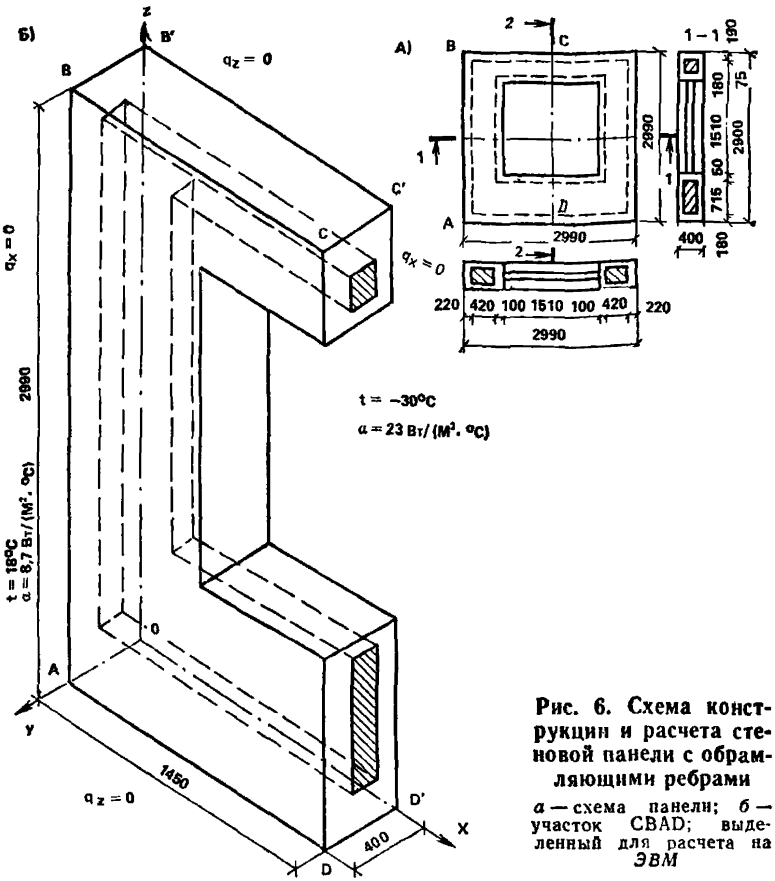


Рис. 6. Схема конструкции и расчета стеновой панели с обрамляющими ребрами

а — схема панели; *б* — участок CBAD; выделенный для расчета на *ЭВМ*

Определим граничные условия. На плоскостях $AOB'B$, $DD'C'C$, $AOD'D$ и $BB'C'C$ тепловые потоки равны нулю. На плоскостях $ABCD$ и $OB'C'D'$ — указанные выше условия теплообмена второго рода.

Согласно методике расчета исследуемая область расчленяется на 4446 элементарных параллелепипедов. В результате расчета на ЭВМ осредненный тепловой поток через поверхность $Q = 101{,}61$ Вт.

Приведенное сопротивление теплопередаче (по формуле (4))):

$$R_o^{пр} = \left[\frac{(18+30)}{101{,}61}\right](1{,}45 \cdot 2{,}77 - 0{,}755 \cdot 1{,}51) = 1{,}359 \text{ м}^2 \cdot °\text{С/Вт}.$$

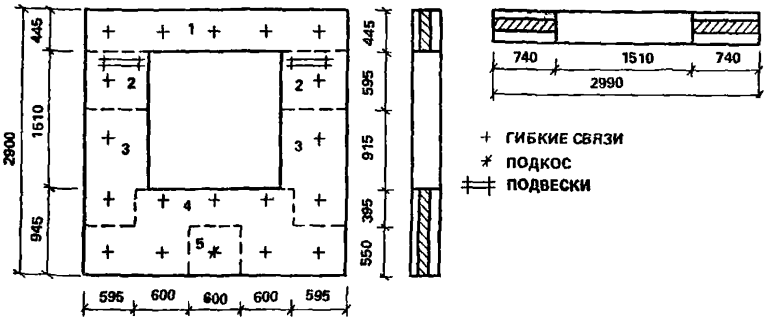


Рис. 7. Схема конструкции стеновой панели на гибких связях с расчленением на расчетные участки

Примеры расчета приведенного сопротивления теплопередаче без использования ЭВМ

Пример 9. *Определить приведенное сопротивление теплопередаче* $R_o^{пр}$ трехслойной железобетонной стеновой панели дома серии 90 с гибкими связями с эффективным утеплителем.

А. Исходные данные

Схема панели представлена на рис. 7. Конструктивные слои толщиной 80 и 120 мм выполнены из тяжелого бетона плотностью 2400 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 1,86 Вт/(м·°С). Утеплитель толщиной 100 мм из пенополистирола марки ПСБ-С плотностью 40 кг/м³, с коэффициентом теплопроводности 0,05 Вт/(м·°С). Гибкие связи, подкосы и подвески выполнены из стальных прутков диаметром 5 и 8 мм.

Б. Порядок расчета

Определим условное сопротивление теплопередаче без гибких связей

$$R_o^{усл} = \frac{1}{23} + \frac{0{,}08}{1{,}86} + \frac{0{,}1}{0{,}05} + \frac{0{,}12}{1{,}86} + \frac{1}{8{,}7} = 2{,}266 \text{ м}^2\cdot°\text{С/Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче панели определим путем расчленения ее на характерные расчетные участки и вычисления приведенного сопротивления участков по формуле [11]. Схема разбивки панели на расчетные участки, принятая из условия расположения связей в центрах частей участка, представлена на рис. 7. Приведенное сопротивление участков $R_{o,i}$ вычисляем по прил. [13*] при расстоянии между связями 0,6 м. Величины r для диаметра связи 5 мм определим экстраполяцией табличных значений (табл. [3] прил. [13*]). Результаты расчета сведены в табл. 10.

Таблица 10

Номер участка	Количество участков	Диаметр связи d, мм	r	Площадь участка F_i, м²	Сопротивление теплопередаче участка R_{oi}, м²·°С/Вт	F_i/R_{oi}
1	1	5	0,78	1,33	1,777	0,753
2	2	8	0,74	0,44	1,677	0,262
3	2	5	0,78	0,91	1,767	0,515
4	1	5	0,78	2,03	1,767	1,149
5	1	8	0,74	0,33	1,677	0,197
				$\Sigma F_i=6,39$ м²		$\Sigma F_i/R_{oi}=3,65$

Приведенное сопротивление теплопередаче панели вычислим по формуле (12). В результате получим $R_o^{пр}=6,39/3,653=1,749$ м²·°С/Вт.

Необходимо отметить, что в результате расчета двухмерных и трехмерных температурных полей характерных участков панели получены $R_o^{пр}=1,654$ м²·°С/Вт, а в результате теплотехнических испытаний фрагментов конструкции в климатической камере $R_o^{пр}=1,72$ м²·°С/Вт.

Пример 10. Определить приведенное сопротивление теплопередаче керамзитобетонной панели серии Н60-15Т с теплоизоляционными минераловатными вкладышами толщиной 100 мм.

А. Исходные данные

Конструкция панели представлена на рис. 8. Панель размером 5980×1485×300 мм площадью 8,88 м² изготовлена из керамзитобетона плотностью 1200 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 0,44 Вт/(м·°С) на керамзитовом песке. Внутри панели вложены пять термовкладышей из минераловатных плит повышенной жесткости плотностью 200 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 0,07 Вт/(м·°С) размером от 680×1325×100 до 1200×1325×100 мм. По краям панели и в середине ее расположены ребра из керамзитобетона шириной от 80 до 250 мм, соединяющие слои керамзитобетона с наружной и внутренней сторон. При расчете приняты следующие коэффициенты теплоотдачи поверхностей: снаружи — 23, внутри — 8,7 Вт/(м²·°С).

Б. Порядок расчета

Расчет произведем в соответствии с прил. [13*]. Площадь ребер в панели

$$F_1=2\cdot5,98\cdot0,08+2\,(0,25+0,14+0,08)\,(1,325-2\cdot0,08)=2,04 \text{ м}^2;$$

Площадь панели $F_2=8,88$ м², отношение $\dfrac{F_1}{F_2}=\dfrac{2,04}{8,88}=0,23.$

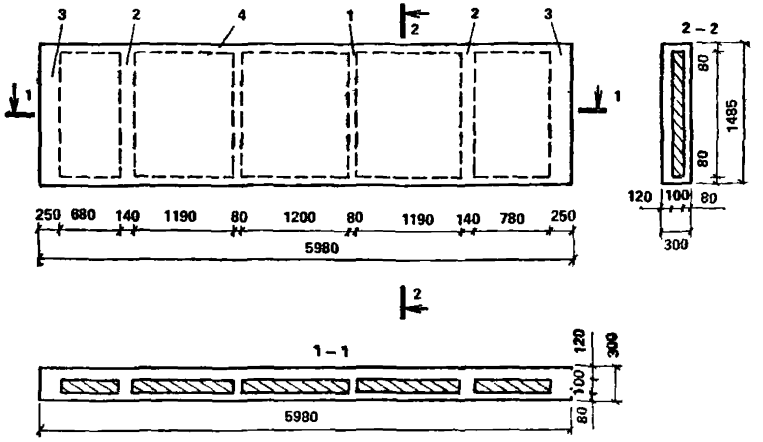


Рис. 8. Схема конструкции керамзитобетонноой панели с теплоизоляционными вкладышами

1, 2 — перемычки; *3, 4* — обрамляющие ребра

Сопротивление теплопередаче вдали от теплопроводного включения по формуле [4]

$$R_o^{усл} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,44} + \frac{0,1}{0,07} + \frac{1}{23} = 2,04 \text{ м}^2 \cdot °\text{C/Вт}.$$

По табл. 1 прил. [13*] $r_1 = 0,46$; по табл. 2 прил. [13*] $r_2 = 1$. По формуле [1] прил. [13*] вычислим $r = 0,46 \cdot 1 = 0,46$. По формуле [11] определим приведенное сопротивление теплопередаче $R_o = 2,04 \cdot 0,46 = 0,94$ м²·°С/Вт.

Пример 11. Определить приведенное сопротивление теплопередаче панели с эффективным утеплителем (пенополистирол) и стальными обшивками.

А. Исходные данные

Размеры панели 6×1 м. Конструктивные и теплотехнические характеристики панели:

толщина стальных обшивок 0,001 м, коэффициент теплопроводности $\lambda = 58$ Вт/(м·°С), толщина пенополистирольного утеплителя 0,1 м, коэффициент теплопроводности 0,04 Вт/(м·°С).

Отбортовка листового материала вдоль протяженных сторон панели приводит к образованию теплопроводного включения типа IIб (прил. [5*]), имеющего ширину $a = 0,002$ м.

Б. Порядок расчета

Сопротивления теплопередаче вне $R_o^{усл}$ и по теплопроводному

включению R_o':

$$R_o^{усл} = \frac{1}{8,7} + 2\frac{0,001}{58} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{23} = 2,66 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт};$$

$$R_o' = \frac{1}{8,7} + \frac{2 \cdot 0,001 + 0,1}{58} + \frac{1}{23} = 0,16 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}.$$

Значение безразмерного параметра теплопроводного включения для табл. 8.

$$\frac{a\lambda_т}{\delta_{ут}\lambda_{ут}} = \frac{0,002 \cdot 58}{0,1 \cdot 0,04} = 29.$$

По табл. 8 по интерполяции определяем величину ψ

$$\psi = 0,665 + \frac{[(1,254 - 0,665)\,9]}{30} = 0,842.$$

Коэффициент K_i по формуле (6)

$$K_i = 1 + 0,842\left(\frac{0,1^2}{0,04 \cdot 0,002 \cdot 2,66}\right) = 40,6.$$

Коэффициент теплотехнической однородности панели по формуле (5)

$$r = \frac{1}{1 + \left(\frac{1 \cdot 2,66}{6 \cdot 0,16}\right)0,002 \cdot 6 \cdot 40,6} = 0,426.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче по формуле [11]

$$R_o^{пр} = 0,426 \cdot 2,66 = 1,133 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}.$$

Пример 12. Определить приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ одномодульной трехслойной железобетонной стеновой панели на гибких связях с оконным проемом крупнопанельного жилого дома серии III—133.

А. Исходные данные

Панель толщиной 300 мм содержит наружный и внутренний железобетонные слои, которые соединены между собой двумя подвесками (в простенках), подкосом, расположенным в нижней зоне подоконного участка, и распорками: 10 — у горизонтальных стыков и 2 — в зоне оконного откоса (рис. 9).

В табл. 11 приведены расчетные параметры панели.

В зоне подвесок и петель фибролит заменен бетонным слоем.

Б. Порядок расчета

Конструкция ограждения содержит следующие теплопроводные включения: горизонтальные и вертикальные стыки, оконные откосы,

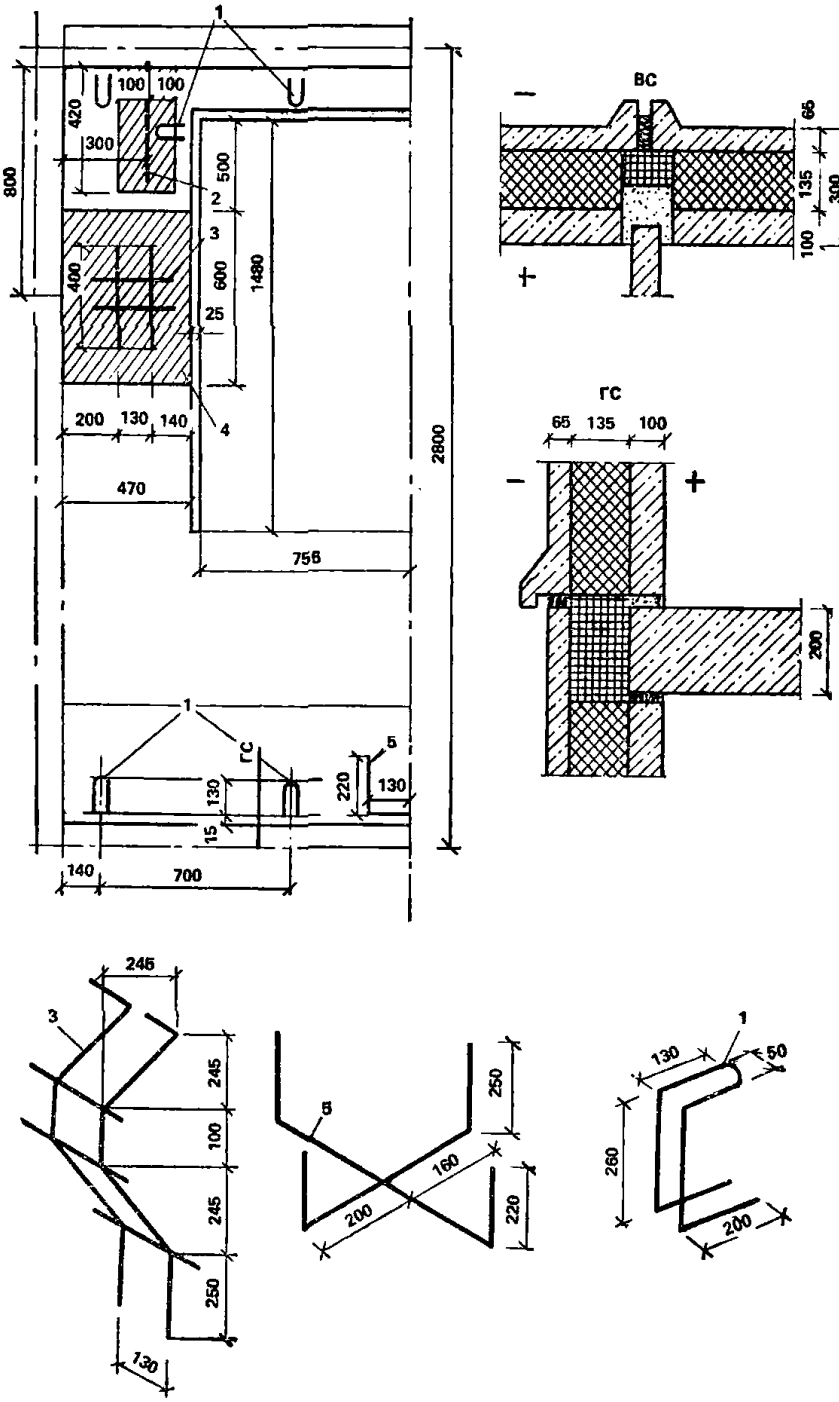


Рис. 9. Конструкция трехслойной панели на гибких связях

1 — распорки; *2* — петля; *3* — подвески; *4* — бетонные утолщения (δ=75 мм внутреннего железобетонного слоя); *5* — подкос

Таблица 11

Материал слоя	γ_0, кг/м³	$\lambda_Б$, Вт/м·°С	Толщина слоя, мм			
			вдали от включений	в зоне подвески и петли	горизонтальный стык	вертикальный стык
Наружный железобетонный слой	2500	2,04	65	65	65	65
Теплоизоляционный слой:						
пенопласт ФСП	60	0,05	60	60	—	—
фибролит	300	0,14	75	—	—	—
Минераловатные вкладыши	150	0,075	—	—	135	60
Внутренний железобетонный слой	2500	2,04	100	175	100	175

утолщения внутреннего железобетонного слоя и гибкие связи (подвески, подкос, распорки).

Для определения коэффициента влияния отдельных теплопроводных включений предварительно рассчитаем по формуле [5] термические сопротивления отдельных участков панели:

в зоне утолщения внутреннего железобетонного слоя

$$R_у = \frac{0,175}{2,04} + \frac{0,06}{0,05} + \frac{0,065}{2,04} = 1,318 \text{ м}^2\cdot°\text{С/Вт};$$

по горизонтальному стыку

$$R^г_{ст} = \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,135}{0,075} + \frac{0,065}{2,04} = 1,881 \text{ м}^2\cdot°\text{С/Вт};$$

по вертикальному стыку

$$R^в_{ст} = \frac{0,175}{2,04} + \frac{0,06}{0,075} + \frac{0,065}{2,04} = 0,918 \text{ м}^2\cdot°\text{С/Вт};$$

термическое сопротивление панели вдали от теплопроводных включений

$$R^{усл}_к = \frac{0,1}{2,04} + \frac{0,075}{0,14} + \frac{0,06}{0,05} + \frac{0,065}{2,04} = 1,817 \text{ м}^2\cdot°\text{С/Вт}.$$

Условное сопротивление теплопередаче вдали от теплопроводных включений

$$R^{усл}_0 = \frac{1}{8,7} + 1,817 + \frac{1}{23} = 1,975 \text{ м}^2\cdot°\text{С/Вт}.$$

Так как панель имеет вертикальную ось симметрии, то определение последующих величин осуществляем для половины панели:

Определим площадь половины панели без учета проема окна

$$F_0 = \left(\frac{1}{2}\right)(2{,}8 \cdot 2{,}7 - 1{,}48 \cdot 1{,}51) = 2{,}66 \text{ м}^2.$$

Толщина панели $\delta_п = 0{,}3$ м.

Определим площадь зон влияния F_i и коэффициент f_i для каждого теплопроводного включения панели:

для горизонтального стыка

$$R^г_{ст}/R^{усл}_к = 1{,}881/1{,}817 = 1{,}04.$$

Так как отношенне больше 1, то это теплопроводное включение в расчет не принимается;

для вертикального стыка

$$R^в_{ст}/R^{усл}_к = 0{,}918/1{,}817 = 0{,}506.$$

По табл. 9 $f_i = 0{,}33$. Площадь зоны влияния по формуле (8) $F_i = 0{,}3 \cdot 2{,}8 = 0{,}84$ м²;

для оконных откосов при $\delta'_{ок} = 0{,}065$ м и $\delta'_п = 0{,}18$ м, по табл. 9 $f_i = 0{,}374$. Площадь зоны влияния половины оконного проема с учетом угловых участков определяется по формуле (9)

$$F_i = \left(\frac{1}{2}\right)[2 \cdot 0{,}3\,(1{,}53 + 1{,}56) + 3{,}14 \cdot 0{,}3^2] = 1{,}069 \text{ м}^2;$$

для бетонных утолщений внутреннего железобетонного слоя в зоне подвески и петли при $R'_у/R^{усл}_к = 1{,}318/1{,}817 = 0{,}725$, по табл. 9 $f_i = 0{,}24$. Суммарную площадь зоны влияния утолщений подвески и петли находим по формуле (10)

$$F_i = (0{,}6 + 2 \cdot 0{,}3)(0{,}47 + 0{,}1) + (0{,}2 + 0{,}3 + 0{,}1)(0{,}42 + \\ + 0{,}3 + 0{,}075) = 1{,}161 \text{ м}^2;$$

подвеску, диаметр стержня 8 мм, по табл. 9; $f_i = 0{,}16$, площадь зоны влияния по формуле (10)

$$F_i = (0{,}13 + 0{,}3 + 0{,}14)(0{,}4 + 2 \cdot 0{,}3) = 0{,}57 \text{ м}^2;$$

подкос, диаметр стержня 8 мм, по табл. 9 $f_i = 0{,}16$,

$$F_i = (0{,}13 + 0{,}3)(0{,}22 + 0{,}3 + 0{,}09) = 0{,}227 \text{ м}^2.$$

распорку, диаметр стержня 4 мм, по табл. 9 $f_i = 0{,}05$ по формуле (11). При определении суммарной площади зоны влияния пяти распорок следует учитывать, что ширина зоны влияния со стороны стыка ограничена краем панели и составляет 0,09 м.

$$F_i = 5\,(0{,}3 + 0{,}3)(0{,}3 + 0{,}09) = 1{,}17 \text{ м}^2.$$

Рассчитаем r по формуле (7)

$$r = 1 \Big/ \left(1 + \frac{(0,84 \cdot 0,33 + 1,069 \cdot 0,374 + 1,161 \cdot 0,24)}{2,66} + \right.$$
$$\left. + \frac{(0,57 \cdot 0,16 + 0,227 \cdot 0,16 + 1,17 \cdot 0,05)}{2,66}\right) = 0,696.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче панели определим по формуле [11]

$$R_o^{пр} = 0,696 \cdot 1,975 = 1,375 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}.$$

Пример 13. Определить приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ многослойной асбестоцементной каркасной панели наружной стены производственного здания.

А. Исходные данные

Схема панели представлена на рис. 10. Панель размером 6×1,2×0,14 мм имеет наружные асбестоцементные слои толщиной 10 мм, деревянный каркас из брусков сечением 50×120 мм и утеплитель из минераловатных плит плотностью 100 кг/м³. Коэффициенты теплопроводности материалов соответственно 0,52; 0,18 и 0,07 Вт/(м·°С).

Б. Порядок расчета

Расчет произведем в соответствии с [2.8]:

а) плоскостями, параллельными направлению теплового потока, условно разрезаем ограждающую конструкцию на участки (см. рис. 10, II), рассчитываем по формуле (5) термическое сопротивление участков панели с утеплителем R_1 и с деревянным каркасом R_2:

$$R_1 = \frac{0,01}{0,52} + \frac{0,12}{0,07} + \frac{0,01}{0,52} = 1,753 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт};$$

$$R_2 = \frac{0,01}{0,52} + \frac{0,12}{0,18} + \frac{0,01}{0,52} = 0,705 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$$

и определяем термическое сопротивление R_a по формуле [6]

$$R_a = \frac{(6,325 + 0,875)}{(6,325/1,753 + 0,875/0,705)} = 1,485 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт};$$

б) плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, условно разрезаем ограждающую конструкцию на участки (см. рис. 10, *в*), рассчитываем термические сопротивления двух однородных асбоцементных слоев по формуле [3]

$$R' = \frac{2 \cdot 0,01}{0,52} = 0,038 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт};$$

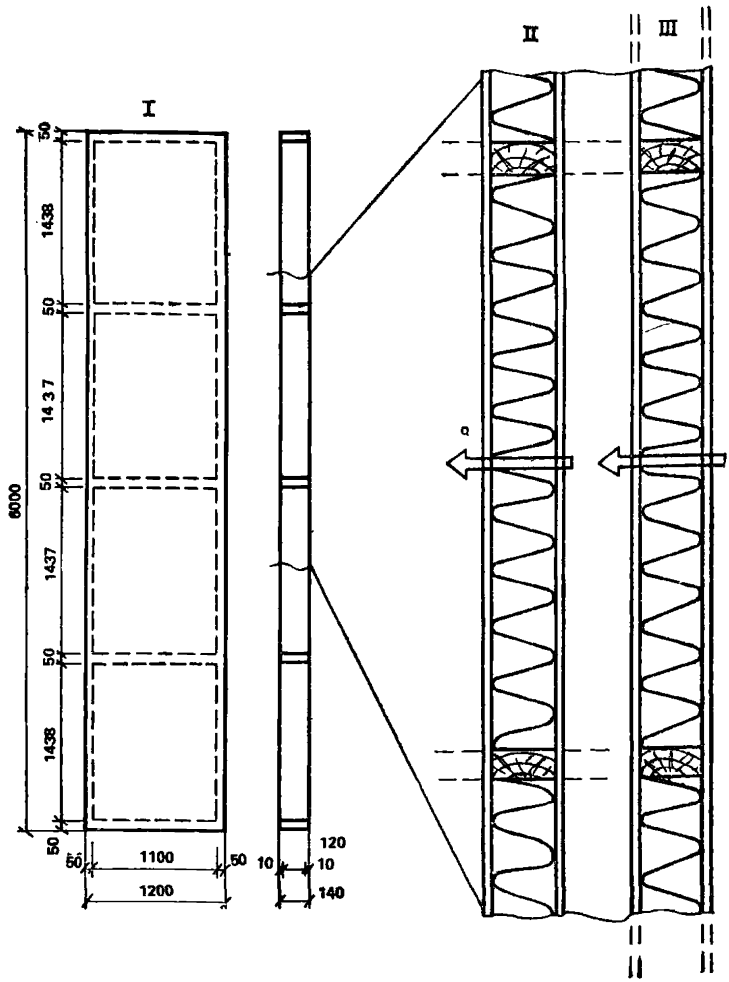


Рис. 10. Схема конструкции асбестоцементной каркасной панели с утеплителем

I — схема панели; *II* — условная разрезка на сечение параллельной плоскости панели; *III* — то же, на сечение перпендикулярной плоскости панели

термическое сопротивление утеплителя R_1 и каркаса панели R_2 по формуле [3]:

$$R_1 = 0,12/0,07 = 1,714 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт};$$

$$R_2 = 0,12/0,18 = 0,667 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$$

и неоднородного внутреннего слоя по формуле [6]

$$R'' = \frac{(6,325 + 0,875)}{(6,325/1,714 + 0,875/0,667)} = 1,439 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}.$$

Термическое сопротивление $R_б$ определим по формуле [5]

$$R_б = R' + R'' = 0{,}038 + 1{,}439 = 1{,}477 \text{ м}^2 \cdot °\text{С/Вт}.$$

Приведенное термическое сопротивление ограждающей конструкции определим по формуле [7]

$$R_к^{пр} = (1{,}485 + 2 \cdot 1{,}477)/3 = 1{,}48 \text{ м}^2 \cdot °\text{С/Вт}.$$

Приведенное сопротивление теплопередаче по формуле [5]

$$R_о^{пр} = 1/23 + 1{,}48 + 1/8{,}7 = 1{,}638 \text{ м}^2 \cdot °\text{С/Вт}.$$

Решение примера 13 на микрокалькуляторе типа «Электроника» (см. прил. 12).

1. *Рассчитаем $R_в$ по программе 5 первой группы*

23 П2 8,7 П4
2БП49 С/П |2| 6,325 С/П 3 С/П |3| 0,01↑
0,52 С/П |2| 0,12↑ 0,07 С/П |1| 0,01↑ 0,52 С/П
1,7527453 С/П **1,9111681** С/П |1| 0,875
С/П 3 С/П |3| 0,01↑ 0,52 С/П |2| 0,12↑
0,18 С/П |1| 0,01↑ 0,52 С/П **0,7051282** С/П
0,86354898 С/П $\dfrac{\textbf{1,4846801 П8}}{R_о}$

2. Рассчитаем $R_о^{пр}$ по программе 6 первой группы. Термическое сопротивление по двум однородным асбоцементным слоям определением

0ПА
1БП26 С/П |1| 0,02↑ 0,52 С/П **0,0384615**
ИПА+ПА **0,0384615**.

Термическое сопротивление неоднородного внутреннего слоя и определяем $R_б$

2 БП49 С/П |2| 6,325 С/П 1 С/П |1|
0,12↑ 0,07 С/П С/П С/П |1| 0,875 С/П 1
С/П |1| 0,12↑ 0,18 С/П С/П С/П **1,4394002**
ИПА+ПА $\dfrac{\textbf{1,4778617}}{R_б}$

Приведенное термическое сопротивление $R_к^{пр}$ и сопротивление теплопередаче $R_о^{пр}$ вычислим, выполнив следующую последовательность БП75 С/П $\dfrac{\textbf{0,4613928}}{< 25}$ (следовательно, можно продолжать вычисление) С/П $\dfrac{\textbf{1,4801345}}{R_к^{пр}}$ С/П $\dfrac{\textbf{1,6385553}}{R_о^{пр}}$

Расчет сопротивления теплопередаче покрытий теплого чердака

2.11. Требуемое сопротивление теплопередаче $R_о^{тр}$, м²·°С/Вт,

покрытия теплого чердака[1], определяется следующим образом.

Если $\tau_{в}^{пок} \geqslant \tau_{мин}^{пок}$, то требуемое сопротивление теплопередаче покрытия теплого чердака $R_{о}^{тр}$ определяется по формуле

$$R_{о}^{тр} = R_{01}. \tag{14}$$

Если $\tau_{в}^{пок} < \tau_{мин}^{пок}$, то требуемое сопротивление теплопередаче покрытия теплого чердака следует определять по формуле

$$R_{о}^{тр} = R_{02}. \tag{15}$$

В формулах (14) и (15):

$$R_{01} = \frac{\left(t_{чер} - t_{н}\right) R_{о}^{пер}}{\left[q^{вен} n_1 \left(t_{вен} - t_{чер}\right) - \frac{F'_{ст}}{R_{о}^{ст}} \left(t_{чер} - t_{п}\right)\right] R_{о}^{пер} + \left(t_{в} - t_{чер}\right) n_1}; \tag{16}$$

$$R_{02} = \frac{R_{о}^{пер}\left[\left(\tau_{мин}^{пок} - t_{н}\right)\alpha_{в}^{пок} + q^{вен} n_1 \left(t_{вен} - t_{н}\right)\right] + \left(t_{в} - t_{н}\right) n_1}{\alpha_{в}^{пок}\left\{R_{о}^{пер}\left[q^{вен} n_1 \left(t_{вен} - \tau_{мин}^{пок}\right) - \frac{F'_{ст}}{R_{о}^{ст}}\left(\tau_{мин}^{пок} - t_{н}\right)\right] + n_1 \left(t_{в} - \tau_{мин}^{пок}\right)\right\}}, \tag{17}$$

В формулах (16), (17) приняты следующие обозначения:

$R_{о}^{пер}$, $R_{о}^{ст}$ — сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия и наружной стены чердака, м²·°С/Вт, рассчитываемое по проектным данным. При этом следует предусматривать равную теплозащиту наружных стен чердака и жилых помещений; $\alpha_{в}^{пок}$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности покрытия, Вт/(м²·°С), принимаемый по табл. 12; $t_{в}$ — расчетная температура воздуха жилого помещения, °С; $t_{н}$ — расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92, принимаемая по СНиП 2.01.01—82 «Строительная климатология и геофизика»). При расчете теплого чердака для жилых зданий 12 этажей и более можно расчетную зимнюю температуру наружного воздуха принимать равной средней температуре наиболее холодного периода (см. СНиП 2.01.01—82); $t_{вен}$ — температура воздуха, поступающего в чердак из вентиляционных каналов, °С, определяемая по формуле

$$t_{вен} = t_{в} + 1, \tag{18}$$

---

[1] Источниками тепла, поступающего в теплый чердак, являются нагретый воздух вытяжной вентиляции и тепло, проходящее через чердачное перекрытие, а также тепловыделения трубопроводов отопления и горячего водоснабжения.

Таблица 12

Внутренняя поверхность покрытия	Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности покрытия чердака $\alpha_в^{пок}$, Вт/(м²·°С) при этажности здания			
Плоская	8,5	9,5	10,5	11,5
Ребристая	8	8,5	9,5	10,5
С перегородками	7	7,5	8,5	9,5

Примечание. При устройстве водосточного лотка значения коэффициентов $\alpha_в^{пок}$ следует принимать по п. 3.

n_1 — коэффициент, учитывающий теплопоступление от труб систем отопления и горячего водоснабжения, принимается равным 1,1; при отсутствии указанных теплопоступлений следует принимать $n_1 = 1$; $q^{вен}$ — удельные теплопоступления в чердак с воздухом вентиляции, Вт/(м²·°С), определяемые по формуле

$$q^{вен} = 0{,}34\frac{G}{F_{пок}}, \qquad (19)$$

где G — расход воздуха (по нормам вытяжки из жилых помещений по СНиП 2.08.01—85 «Жилые здания»), м³/ч; $F_{пок}$ — площадь чердачного покрытия, м².

Для предварительных и общих расчетов рекомендуется принимать значение $q^{вен}$ по табл. 13 (с обеспеченностью 0,8); $F'_{ст} = F_{ст}/F_{пок}$ —

Таблица 13

Этажность здания	Удельные теплопоступления в чердак с воздухом вентиляции $q^{вен}$, Вт/(м²·°С) из кухонь	
	газифицированных	электрифицированных
5	3,4	2,7
9	5,5	4,3
12	7,1	5,6
16	9,2	7,2

приведенная площадь стен чердака ($F_{ст}$ — площадь стен чердака, м²); $\tau_{мин}^{пок}$ — допустимое минимальное значение температуры внутренней поверхности покрытия, °С; рекомендуется принимать по графику рис. 11; $t_{чер}$ — минимально допустимая температура воздуха на чердаке (по условию обеспечения санитарно-гигиенического состояния помещений верхнего этажа), определяемая по формуле

$$t_{чер} = t_в - \Delta t^{п}\alpha_в R_o^{пер}, \qquad (20)$$

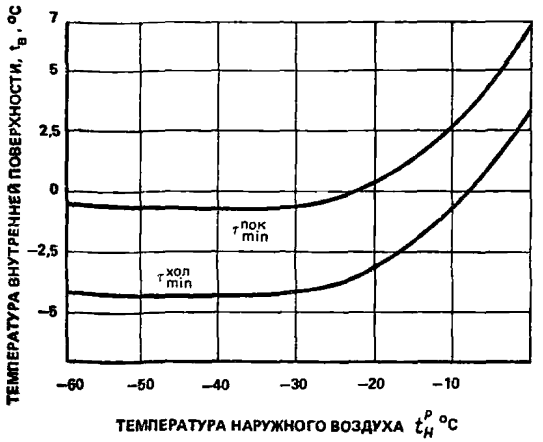


Рис. 11. Допустимые минимальные значения температуры внутренней поверхности — основного покрытия $\tau^{пок}_{min}$ или холодного участка $\tau^{хол}_{min}$

где $\Delta t^{н}$ — нормативный температурный перепад между температурой воздуха верхнего этажа и температурой внутренней поверхности чердачного перекрытия, °С, принимаемый по табл. [2*]; $\alpha_в$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности перекрытия, Вт/(м²·°С), принимаемый по табл. [4*]; $\tau^{пок}_{в}$ — температура внутренней поверхности чердачного покрытия, °С, с сопротивлением теплопередаче R_{01}, определяемая по формуле

$$\tau^{пок}_{в} = t_{чер} - \frac{t_{чер} - t_н}{\alpha^{пок}_{в} R_{01}} \qquad (21)$$

2.12. Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче $R^{эк}_{о}$, м²·°С/Вт, покрытия теплого чердака следует принимать равным сопротивлению теплопередаче $R^{пок}_{о}$ того варианта покрытия, при котором обеспечивается наименьшая величина приведенных затрат $П$, руб/м², определяемая по формуле

$$П = C_д + 11{,}3 \cdot 10^{-4} q^{пер}_{от} z_{от.пер} C_т, \qquad (22)$$

где $C_д$ — единовременные затраты на покрытие теплого чердака, руб/м², определяемые по п. 2.5 и [17а]; $C_т$ — стоимость тепловой энергии, руб/ГДж, принимаемая по прил. 2; $z_{от.пер}$ — продолжительность отопительного периода, сут, принимаемая в соответствии с п. [2.15*]; $q^{пер}_{от}$ — средний за отопительный период тепловой поток через чердачное перекрытие, Вт/м², определяемый по формуле

$$q^{пер}_{от} =$$

$$= \frac{\left(\frac{F'_{ст}}{R_o^{ст}} R_o^{пок} + 1\right)(t_в - t_{от.пер}) - q^{вен} n_1 (t_{вен} - t_в) R_o^{пок}}{\left(n_1 + \frac{F'_{ст}}{R_o^{ст}} R_o^{пер} + n_1 q^{вен} R_o^{пер}\right) R_o^{пок} + R_o^{пер}}. \quad (23)$$

Пример 14. Расчет толщины утеплителя в двухслойных панелях покрытия теплого чердака жилого дома.

А. Исходные данные

1. Ограждающая конструкция — покрытие с несущим и утепляющим слоем из керамзитобетона на керамзитовом песке $\gamma = 1200$ кг/м^3, $\lambda = 0{,}44$ Вт/м·°С; кровельный слой толщиной 50 мм из железобетона $\gamma = 2500$ кг/м^3, $\lambda = 1{,}92$ Вт/м·°С. Перекрытие из однослойной железобетонной плиты толщиной 160 мм, $R_o^л = 0{,}920$ м^2×°С/Вт.

2. Район строительства — г. Горький.

3. Объект строительства — крупнопанельный газифицированный девятиэтажный дом.

4. Параметры внутреннего воздуха: температура $t_в = 18$ °С; влажностный режим помещения теплого чердака — сухой; согласно прил. [1] и [2] принимаем для ограждающих конструкций чердака условия эксплуатации А.

5. Величины теплотехнических показателей и коэффициентов: $t_н = -30$ °С (СНиП 2.08.01—89); $\Delta t^н = 6$ °С — для стен чердака и 4 °С — для внутренней поверхности чердачного перекрытия (табл. [2*], п. 1); $t_{вен} = t_в + 1 = 19$ °С (18); $\alpha_в^{пер} = 8{,}7$ Вт/(м^2·°С), $\alpha_н^{пер} = 12$ Вт/(м^2·°С) — для перекрытия; $\alpha_в^{пок} = 9{,}5$ Вт/(м^2·°С), $\alpha_н^{пок} = 23$ Вт/(м^2·°С) — для покрытия; удельные теплопоступления в чердак с воздухом вентиляции по табл. 13 $q^{вен} = 5{,}5$ Вт/(м^2·°С); коэффициент, учитывающий теплопоступления от труб систем отопления и горячего водоснабжения $n_1 = 1$; приведенная площадь наружных стен $F_{ст} = 0{,}4$; стоимость тепловой энергии $C_т = 3{,}58$ руб/ГДж (по прил. 2); продолжительность и средняя температура отопительного периода $z_{от.пер} = 218$ сут и $t_{от.пер} = -4{,}7$ °С (СНиП 2.01.01—82).

Б. Порядок расчета

Сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия по формуле [4]

$$R_o^{пер} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}16}{1{,}92} + \frac{1}{12} = 0{,}282 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия теплого чердака по п. 2.11.

По формуле (20): $t_{чер}=18-4\cdot8{,}7\cdot0{,}282=8{,}2$°С; по формуле (16)

$$R_{01}=\frac{(8{,}2+30)\,0{,}282}{\left[5{,}5\,(19-8{,}2)-\dfrac{0{,}4}{0{,}920}\,(8{,}2+30)\right]0{,}282+(18-8{,}2)}=$$

$$=0{,}492\ \text{м}^2\cdot\text{°С/Вт};$$

по формуле (21):

$$\tau_в^{пок}=8{,}2-\frac{(8{,}2+30)}{9{,}5\cdot0{,}492}=0\ \text{°С}.$$

По графику рис. 11 $\tau_{мин}^{пок}=-0{,}5$ °С, т. е. $\tau_в^{пок}>\tau_{мин}^{пок}$, следовательно, $R_o^{тр}=R_{01}=0{,}492$ м²·°С/Вт.

Экономически целесообразно сопротивление теплопередаче покрытия теплого чердака принимать по п. 2.12.

В качестве первого варианта принимаем (с учетом унифицированной толщины) покрытие с толщиной утепляющего слоя 0,2 м, так как она является минимальной по расчету на прочность и деформативность.

Определяем $R_o^{пок}$ при толщине слоя керамзитобетона 0,2 м

$$R_o^{пок}=\frac{1}{9{,}5}+\frac{0{,}05}{1{,}92}+\frac{0{,}2}{0{,}44}+\frac{1}{23}=0{,}629\ \text{м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

По формуле (23) определяем тепловой поток $q_{от}^{пер}$ через перекрытие

$$q_{от}^{пер}=\frac{\left(\dfrac{0{,}4}{0{,}92}\,0{,}629+1\right)(18+4{,}7)-5{,}5\,(19-18)\,0{,}629}{\left(1+\dfrac{,4}{0{,}92}\,0{,}282+5{,}5\cdot0{,}282\right)0{,}629+0{,}282}=$$

$$=12{,}96\ \text{Вт/м}^2.$$

По формуле [17а] определяем единовременные затраты $C_д$:

а) оптовая цена $Ц$ покрытия:

$Ц=12{,}58$ руб/м² (Прейскурант № 06-08, ч. 1 поз. 9.1568);

б) транспортные расходы T по формуле (3) при дальности перевозки панелей покрытия 50 км. В данном случае:

$$P=0{,}365\ \text{т/м}^2;\quad K_1=1;\quad T_1=0{,}75\ \text{руб/т};\quad n=1;$$

$$H=25\%;\quad T_2=2{,}4\ \text{руб/т};\quad Ц_1=0{,}8\ \text{руб/м}^3;\quad V=0{,}25\ \text{м}^3/\text{м}^2.$$

Подставляя указанные значения величин в формулу (3), получим:

$$T=0{,}365\,[1\cdot0{,}75+1\,(1+0{,}01\cdot25)\,2{,}4]+0{,}8\cdot0{,}25=1{,}569\ \text{руб/м}^2;$$

в) стоимость монтажа $C_м$ покрытия определяем по сборнику ЕРЕР № 7 (Приложение к СНиП IV-5-84, поз. 7—230):

$C'_м = 4{,}97$ руб.; $F = 18$ м² — площадь панели покрытия;

$$C_м = \frac{4{,}97}{18} = 0{,}276 \text{ руб/м}^2;$$

г) подставляя значения $Ц$, $Т$ и $С_м$ в формулу [17а], получим:

$$C_д = 1{,}25\,[(12{,}58 + 1{,}569)\,1{,}02 + 0{,}276] = 18{,}38 \text{ руб/м}^2.$$

Приведенные затраты по формуле (22)

$$П = 18{,}38 + 11{,}3 \cdot 10^{-4} \cdot 12 \cdot 96 \cdot 218 \cdot 3{,}58 = 29{,}81 \text{ руб/м}^2.$$

Аналогично делаем расчет для покрытий толщиной 0,26 и 0,27 м с толщиной утеплителя 0,21 и 0,22 м (табл. 14).

Таблица 14

Толщина покрытия, м	$R_0^{пок}$, м²·°С/Вт	$q_{от}^{пер}$, Вт/м²	$Р$, т/м²	$Ц$, руб/м²	$Т$, руб/м²	$С_д$, руб/м²	$П$, руб/м²
0,25	0,629	12,96	0,365	12,58	1,569	18,38	29,81
0,26	0,652	12,62	0,377	12,58	1,622	18,45	29,58
0,27	0,675	12,29	0,389	13,89	1,675	20,19	31,03

Расчет ограждающих конструкций производственных зданий в обычных условиях эксплуатации

2.13. С целью определения оптимальной толщины теплоизоляционного слоя для наиболее распространенных типов ограждающих конструкций производственных зданий произведена подготовительная работа, основанная на использовании районирования территории страны и таблиц экономически целесообразных толщин и сопротивлений теплопередаче.

Для определения оптимальной толщины теплоизоляционного слоя конструкции, используя прил. 5, следует:

а) определить район строительства здания по табл. 1;

б) определить номер конструкции покрытия по табл. 2 или стены по табл. 5;

в) найти по данным п. 2.13, а, б экономически целесообразную толщину $\delta^{эк}$ теплоизоляционного слоя и экономически целесообразное сопротивление теплопередаче конструкции покрытия соответственно по табл. 3 и 4 и стены по табл. 6 и 7;

г) определить толщину теплоизоляционного слоя δ, удовлетворяющую требованиям п. [2.2*];

д) принять в качестве оптимальной толщины $\delta^{опт}$ теплоизоляционного слоя конструкции большую из двух величин δ и $\delta^{эк}$ с учетом унификации толщин изделий и стандартных толщин утеплителей.

2.14. Конструктивное решение окон и фонарей и способ вентиляции помещений производственных зданий следует выбирать с учетом производственных выделений тепла, влаги и вредных веществ, руководствуясь прил. 6. Выбранные типы светопрозрачных ограждений проверяются по табл. [9*], а также в соответствии с п. 2.4 и примером 4.

Расчет ограждающих конструкций производственных зданий с агрессивной средой

2.15. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций производственных зданий с агрессивными средами производится с учетом их предельного состояния, характеризующегося тем, что в толще ограждения присутствует достаточное количество соли, способное образовать насыщенный раствор в условиях допустимого увлажнения конструкции. Водорастворимые соли могут проникать в толщу ограждающих конструкций промышленных зданий, подверженных воздействию производственных аэрозолей. Состав аэрозоли, а, следовательно, и раствора солей, образующихся в толще ограждения, зависит от технологического процесса, осуществляемого в здании.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций зданий с агрессивными средами следует принимать в зависимости от влажностного режима помещений, характеризуемого относительной влажностью внутреннего воздуха с учетом агрессивной среды, и зон влажности района строительства по прил. [2].

Относительная влажность внутреннего воздуха с учетом агрессивной среды $\varphi_п$, %, учитывает понижение упругости паров воды над растворами солей и определяется по формуле

$$\varphi_п = \left(\frac{e_в}{E_р}\right) 100 = \left(\frac{\varphi_в}{\varphi_р}\right) 100, \qquad (24)$$

где $e_в$ — упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па, рассчитываемая по формуле

$$e_в = 0{,}01 \varphi_в E_в; \qquad (25)$$

$\varphi_в$ — относительная влажность воздуха в помещении, %; $\varphi_р$ — относительная влажность воздуха над насыщенным водным раствором соли, %; $E_в$ — максимальная упругость водяного пара при расчетной температуре внутреннего воздуха, Па, принимаемая по прил. 8; $E_р$ — максимальная упругость водяного пара над насыщенным раствором соли при расчетной температуре внутреннего воздуха, Па, принимаемая по прил. 7.

Пример 15. Определить характеристику влажностного режима в производственном помещении при следующих параметрах внутреннего водуха: $t_в = 10$ °С; $\varphi_в = 55$ %; в воздухе присутствует аэрозоль сульфата натрия Na_2SO_4.

Без учета понижения давления паров воды над насыщенным раствором аэрозоля по табл. [1] влажностный режим в помещении

сухой. Упругость водяного пара внутреннего воздуха при $t_в = 10\,°C$ по формуле (25)

$$e_в = 0{,}01 \cdot 1228 \cdot 55 = 675 \text{ Па}.$$

По прил. 7 упругость водяного пара над насыщенным раствором

$$Na_2SO_4 \text{ при } t_в = 10°C, \quad E_р = 909{,}3 \text{ Па}.$$

По формуле (24) относительная влажность внутреннего воздуха с учетом агрессивной среды

$$\varphi_и = \left(\frac{675}{909{,}3}\right) 100 = 74{,}2\%,$$

т. е. с учетом понижения давления паров воды над насыщенным раствором сульфата натрия Na_2SO_4 влажностный режим в помещении по табл. [1] следует считать уже не сухим, а нормальным.

Пример 16. Определить температуру точки росы на внутренней поверхности наружной стены в производственном помещении при следующих параметрах внутреннего воздуха: $t_в = 20\,°C$; $\varphi_в = 50\,\%$, в воздухе присутствует аэрозоль бромистого натрия NaBr.

Без учета понижения давления паров воды над насыщенным раствором аэрозоля по табл. [1] влажностный режим в помещении сухой. По прил. 8 максимальная упругость водяного пара воздуха E при $t_в = 20\,°C$ равна 2338 Па, а упругость водяного пара в воздухе помещения при $\varphi_в = 50\,\%$ по формуле (25).

$$e_в = 0{,}01 \cdot 2338 \cdot 50 = 1169 \text{ Па}.$$

Температура точки росы при $t_в = 20\,°C$ и $\varphi_в = 50\,\%$ по прил. 1 равна $t_р = 9{,}28\,°C$.

Далее определяем температуру точки росы внутреннего воздуха с учетом понижения давления паров воды над насыщенным раствором бромистого натрия NaBr ($t_{рр}$).

По прил. 7 упругость паров воды $E_р$ над насыщенным раствором бромистого натрия NaBr при $t_в = 20\,°C$ равна 1400 Па. По формуле (24) относительная влажность воздуха с учетом агрессивной среды

$$\varphi_п = \frac{1169}{1400} 100 = 83{,}5\%,$$

т. е. с учетом понижения давления водяных паров над насыщенным раствором бромистого натрия NaBr влажностный режим в помещении следует считать уже не сухим, а мокрым.

Температура точки росы $t_{рр}$ над раствором соли равна температуре, при которой упругость водяных паров внутреннего воздуха $e_в$ станет равной максимальной упругости водяных паров над раствором NaBr, т. е. 1169 Па. Интерполируя данные прил. 7, находим, что $e_в = E_р = 1169$ Па при $t_{рр} = 17{,}5\,°C$.

Пример 17. Оценить температурно-влажностный режим помещения с наличием сернисто-кислого натрия.

При температуре внутреннего воздуха $t_в = 20\,°C$ и относительной влажности внутреннего воздуха $\varphi_в = 50\,\%$ упругость водяных паров $e_в$ равна 1169 Па, а упругость водяных паров над сернисто-кислым натрием $E_р = 1051$ Па. Относительная влажность воздуха с учетом агрессивной среды в этом случае равна по формуле (24)

$$\varphi_п = \frac{1169}{1051} 100 = 111{,}2\% > 100\%.$$

В этом случае невозможно избежать конденсации влаги на поверхности ограждающих конструкций и необходима гидро- и химзащита внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций.

2.16. Требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$, м²·°С/Вт, ограждающих конструкций промышленных зданий с агрессивными средами (аэрозоли водорастворимых солей) следует определять по формуле [1], причем $t_{рр}$ для определения $\Delta t^н$ рассчитывается по п. 2.15.

Термическое сопротивление R, м²·°С/Вт, слоя многослойной ограждающей конструкции промышленного здания с агрессивной средой следует определять по формуле [3]. При этом расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м²·°С), принимается по прил. [3*] для условия эксплуатации, определяемого согласно п. 2.15.

Пример 18. Определить требуемое сопротивление теплопередаче панели наружной стены промышленного здания с агрессивными средами.

А. Исходные данные

Панель имеет защитный слой из тяжелого бетона плотностью 2400 кг/м³ с внутренней стороны, теплоизоляционный слой из керамзитобетона на керамзитовом песке плотностью 1000 кг/м³ и наружный фактурный слой из цементно-песчаного раствора плотностью 1800 кг/м³, место строительства г. Пермь. Параметры внутреннего воздуха: $t_в = 20\,°C$; $\varphi_в = 50\,\%$, в воздухе присутствует аэрозоль азотнокислого магния $Mg(NO_3)_2$.

Б. Порядок расчета

1) Без учета понижения давления паров воды над насыщенным раствором аэрозоля при сухом влажностном режиме в помещении и нормальной зоне влажности строительства (прил. [1]) определяем по прил. [2] условия эксплуатации рассчитываемой панели — А и соответствующие им расчетные показатели строительных материалов по прил. [3*].

Бетон $\lambda_1 = 1{,}74$ Вт/(м·°С), $s_1 = 16{,}77$ Вт/(м²·°С). Керамзитобетон

$\lambda_2=0{,}33$ Вт/(м·°С), $s_2=5{,}03$ Вт/(м²·°С). Цементно-песчаный раствор $\lambda_3=0{,}76$ Вт/(м·°С); $s_3=9{,}51$ Вт/(м²·°С).

Определяем $R_0^{тр}$ по формуле [1], принимая расчетную зимнюю температуру наружного воздуха равной средней температуре наиболее холодных суток ($t_н=-39$ °С); нормативный температурный перепад по п. 4 табл. [2*] $\Delta t^н=10$ °С

$$R_0^{тр}=\frac{1\,(20+39)}{10\cdot 8{,}7}=0{,}678 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Проверим правильность назначения расчетной зимней температуры наружного воздуха.

Требуемое термическое сопротивление слоя керамзитобетона

$$R_2^{тр}=R_0^{тр}-\frac{1}{\alpha_в}-\frac{1}{\alpha_н}-R_1-R_3=0{,}678-0{,}115-$$

$$-0{,}043-0{,}04-0{,}026=0{,}454 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

По формуле [2] рассчитываем тепловую инерцию D ограждающей конструкции $D=0{,}04\cdot 16{,}69+0{,}454\cdot 5{,}03+0{,}026\cdot 9{,}51=3{,}199$; ($1{,}5<3{,}199<4$), следовательно, расчетная зимняя температура для определения $R_0^{тр}$ была выбрана правильно (см. табл. [5*]).

2) С учетом понижения давления паров воды над насыщенным раствором аэрозоля азотнокислого магния $Mg(NO_3)_2$ влажностный режим помещения мокрый (см. табл. 1), так как по формуле (24) и прил. 7

$$\Phi_п=\frac{1169}{1261}100=92{,}7\%.$$

При этом режиме в нормальной зоне влажности строительства (прил. [1]) по прил. [2] условия эксплуатации рассчитываемой панели Б и соответствующие им расчетные показатели строительных материалов по прил. [3*].

Бетон $\lambda_1=1{,}86$ Вт/(м·°С), $s_1=17{,}88$ Вт/(м²·°С). Керамзитобетон $\lambda_2=0{,}41$ Вт/(м·°С), $s_2=6{,}13$ Вт/(м²·°С). Цементно-песчаный раствор $\lambda_3=0{,}93$ Вт/(м·°С), $s_3=11{,}09$ Вт/(м²·°С).

Определяем $R_0^{тр}$ по формуле [1], принимая расчетную зимнюю температуру наружного воздуха равной средней температуре наиболее холодной пятидневки ($t_н=-35$ °С) и нормативный температурный перепад по п. 6 табл. [2*] $\Delta t^н=t_в-t_р$.

По прил. 7 для азотнокислого магния $Mg(NO_3)_2$ $E_р=1261$ Па при $t_в=20$ °С и $E_р=1659$ Па при $t_в=25$ °С. Так как $e_в=1169$ Па (см. пример 16), то экстраполяцией определяем температуру точки росы $t_{рр}=18{,}6$ °С, *соответствующую этой влажности.*

Следовательно, $\Delta t^н=20-18{,}6=1{,}4$ °С;

$$R_0^{тр}=\frac{1\,(20+35)}{1{,}4\cdot 8{,}7}=4{,}52 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

При этом термическое сопротивление слоя керамзитобетона в стене $R_2^{тр}=4,52-0,115-0,043-0,038-0,022=4,3$ м²·°С/Вт потребует при коэффициенте теплопроводности 0,41 Вт/(м·°С) толщину слоя 1,76 м, что практически не осуществимо.

Следовательно, нужно принять стену по конструкции, близкой к обычным условиям эксплуатации, но с эффективной защитой лакокрасочными или другими защитными покрытиями от непосредственного воздействия солевого раствора.

3. ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. При проектировании ограждающих конструкций с учетом их теплоустойчивости необходимо руководствоваться следующими положениями:

теплоустойчивость конструкции зависит от порядка расположения слоев материалов;

величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха ν в двухслойной конструкции увеличивается, если более теплоустойчивый материал расположен изнутри;

наличие в конструкции ограждения воздушной прослойки увеличивает теплоустойчивость конструкции. В замкнутой воздушной прослойке целесообразно устраивать отражательную теплоизоляцию; слои конструкции, расположенные между вентилируемой наружным воздухом воздушной прослойкой и наружной поверхностью ограждающей конструкции, должны иметь минимально возможную толщину. Наиболее целесообразно выполнять эти слои из тонких металлических или асбестоцементных листов.

3.2. Теплоустойчивость ограждающей конструкции здания должна соответствовать требованиям СНиП II-3-79**; для этого определяют:

требуемую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{\tau_в}^{тр}$, °С, по формуле [18];

величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха ν в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев по формуле [21], а величину ν для многослойной неоднородной ограждающей конструкции с теплопроводными включениями в виде обрамляющих ребер в соответствии с ГОСТ 26253—84 (см. пример 3).

расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_н}^{расч}$, °С, по формуле [20] и амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{\tau_в}$ по формуле [19].

Если $A_{\tau_в} \leqslant A_{\tau_в}^{тр}$, то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости.

Пример 1. Определить, удовлетворяет ли требованию теплоустойчивости керамзитобетонная панель толщиной 250 мм в г. Одессе.

А. Исходные данные

1. Панель состоит из следующих слоев, считая от ее внутренней поверхности: фактурный слой из цементно-песчаного раствора плотностью 1800 кг/м³, толщиной 20 мм, керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией плотностью 1000 кг/м³, толщиной 210 мм, наружный фактурный слой такой же, как внутренний.

2. Среднемесячная температура наиболее жаркого месяца (июль) $t_н = 22{,}2$ °С.

3. *Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры* наружного воздуха $A_{t_н} = 14{,}7$ °С.

4. Максимальное и среднее значения суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации для вертикальных поверхностей западной ориентации $I_{макс} = 752$ Вт/м² и $I_{ср} = 182$ Вт/м².

5. Расчетная скорость ветра $V = 4{,}3$ м/с.

Значения параметров пп. 2—5 определяются по СНиП 2.01.01—82.

6. Теплотехнические характеристики материалов панели выбираются по условиям эксплуатации А из прил. [3*]:

для фактурных слоев из цементно-песчаного раствора

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 0{,}76 \text{ Вт/(м·°С)}; \quad s_1 = s_3 = 9{,}60 \text{ Вт/(м²·°С)};$$

для керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией

$$\lambda_2 = 0{,}41 \text{ Вт/(м·°С)}; \quad s_2 = 5{,}49 \text{ Вт/(м²·°С)}.$$

Б. Порядок расчета

1. Термические сопротивления отдельных слоев стеновой панели: фактурных слоев

$$R_1 = R_3 = \frac{0{,}02}{0{,}76} = 0{,}0263 \text{ м²·°С/Вт};$$

слоя керамзитобетона

$$R_2 = \frac{0{,}21}{0{,}41} = 0{,}512 \text{ м²·°С/Вт}.$$

2. *Тепловая инерция слоев и самой стены:*

фактурных $D_1 = D_3 = 0{,}263 < 1$.

3. Керамзитобетона $D_2 = 0{,}512 \cdot 5{,}49 = 2{,}81$

панели $\Sigma D_i = 0{,}252 \cdot 2 + 2{,}81 = 3{,}31$.

Поскольку тепловая инерция стеновой панели $Д < 4$, требуется расчет панели на теплоустойчивость.

4. Требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней по-

верхности определяется по формуле [18]

$$A_{\tau_в}^{тр} = 2{,}5 - 0{,}1\,(22{,}2 - 21) = 2{,}38\ ^\circ\text{C}.$$

5. Расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха вычисляется по формуле [20]

$$A_{t_н}^{расч} = 0{,}5A_{t_н} + \frac{\rho\,(I_{max} - I_{ср})}{\alpha_н} = 0{,}5 \cdot 14{,}7 + \\ + \frac{0{,}4\,(752 - 182)}{29{,}8} = 15\ ^\circ\text{C};$$

где $\alpha_н$ — по летним условиям вычисляется по формуле [24];

$$\alpha_н = 1{,}16\left(5 + 10\sqrt{4{,}3}\right) = 29{,}8\ ^\circ\text{C}.$$

6. Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя:

для внутреннего фактурного слоя с тепловой инерцией $D<1$ рассчитывается по формуле [22]

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_в}{1 + R_1 \alpha_в} = \frac{0{,}0263 \cdot 9{,}60^2 + 8{,}7}{1 + 0{,}0263 \cdot 8{,}7} = 9{,}05\ \text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)};$$

для среднего слоя из керамзитобетона, имеющего $D>1$, принимается равным коэффициенту теплоусвоения материала

$$Y_2 = s_2 = 5{,}49\ \text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)};$$

для наружного фактурного слоя с тепловой инерцией $D<1$ рассчитывается по формуле [23]

$$Y_3 = \frac{\left(R_3 s_3^2 + Y_2\right)}{(1 + R_3 s_2)} = \frac{0{,}0263 \cdot 9{,}60^2 + 5{,}49}{1 + 0{,}0263 \cdot 5{,}49} = 6{,}92\ \text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

7. Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции вычисляется по формуле [21]

$$\nu = 0{,}9e^{3{,}31/\sqrt{2}} \times \\ \times \frac{(9{,}60 + 8{,}7)(5{,}49 + 9{,}05)(9{,}60 + 5{,}49)(29{,}8 + 6{,}92)}{(9{,}60 + 9{,}05)(5{,}49 + 5{,}49)(9{,}60 + 6{,}92)\ 29{,}8} = 13{,}66.$$

8. Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности стеновой панели определяется по формуле [19]

$$A_{\tau_в} = \frac{A_{t_н}^{расч}}{\nu} = \frac{15}{13{,}66} = 1{,}1 < A_{\tau_в}^{тр} = 2{,}38\ ^\circ\text{C},$$

что отвечает требованиям СНиП II-3-79**.

Пример 2. Определить, удовлетворяет ли требованию теплоустойчивости экранированная стена с замкнутой воздушной прослойкой в г. Одессе.

А. Исходные данные

1. Стена такой же конструкции, как в примере 1, имеет с наружной стороны воздушную прослойку 50 мм, ограниченную стальным листом 8 мм.

2. Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции для стали листовой, окрашенной белой краской $\rho=0{,}45$.

3. Теплотехнические характеристики и климатические данные по *летним условиям принимаются как в предыдущем примере.* Коэффициент теплоусвоения воздушной прослойки $s_4=0$, стального листа $s_5=126{,}5$ Вт/(м²·°С).

Б. Порядок расчета

1. Термические сопротивления слоев стены:
фактурных $R_1=R_3=0{,}0263$ м²·°С/Вт;
керамзитобетона $R_2=0{,}512$ м²·°С/Вт;
воздушной прослойки $R_4=0{,}14$ м²·°С/Вт;
стального листа $R_5=0{,}08/0{,}58=0{,}0014$ м²·°С/Вт.

2. Тепловая инерция слоев стены:
фактурных $D_1=D_3=0{,}0263\cdot 9{,}60=0{,}252<1$;
керамзитобетона $D_2=0{,}512\cdot 5{,}49=2{,}81$;
воздушной прослойки $D_4=0$;
металлического экрана $D_5=0{,}177$;
стены $D=\Sigma D_i=0{,}252\cdot 2+2{,}81+0{,}177=3{,}48<4$, т. е. требуется проверка на теплоустойчивость.

3. Значения требуемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности стены $A^{тр}_{\tau_в}$ и расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха те же, что в предыдущем примере,

$$A^{тр}_{\tau_в}=2{,}38,\quad A^{расч}_{t_н}=15^{\circ}\text{С}.$$

4. Коэффициент теплоусвоения наружных поверхностей слоев:
внутреннего фактурного слоя, среднего слоя керамзитобетона и наружного фактурного слоя Y_1, Y_2 и Y_3, как в примере 1;
воздушной прослойки ($s_4=0$)

$$Y_4=\frac{\left(R_4 s_4^2+Y_3\right)}{(1+R_4 s_3)}=\frac{Y_3}{(1+R_4 s_3)}=\frac{6\ 91}{(1+0{,}14\cdot 9\cdot 60)}=$$
$$=2{,}95\ \text{Вт/(м}^2\cdot{}^{\circ}\text{С)};$$

металлического экрана ($s_5=126{,}5$; $s_4=0$)

$$Y_5=\frac{\left(R_5 s_5^2+Y_4\right)}{(1+R_5 s_4)}=\frac{(0{,}0014\cdot 16002+2{,}95)}{1}=25{,}35\ \text{Вт/(м}^2\cdot{}^{\circ}\text{С)}.$$

5. Величина затухания расчетной амплитуды колебаний темпе-



Рис. 12. Схема конструкции панели из керамзитобетона с термовкладышами из газобетона

ратуры наружного воздуха для вентилируемой ограждающей конструкции определяется по формуле [21]:

$$\nu = 0{,}9e^{3{,}48/\sqrt{2}} \cdot \frac{(9{,}6+8{,}7)(5{,}49+9{,}05)(9{,}6+5{,}49)\,6{,}91}{(9{,}6+9{,}05)(5{,}49+5{,}49)\,(9{,}6+6{,}91)\,2{,}95} \times$$

$$\times \frac{(126{,}5+2{,}95)(29{,}8+25{,}35)}{(126{,}5+25{,}35)\,29{,}8} = 46{,}68.$$

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности стеновой панели определяется по формуле [19]

$$A_{\tau_в} = \frac{A_{t_н}^{\text{расч}}}{\nu} = \frac{15}{46{,}68} = 0{,}32 < A_{\tau_в}^{\text{тр}} = 2{,}38\ ^\circ\text{C},$$

что отвечает требованиям СНиП II-3-79**.

Пример 3. Определить, удовлетворяет ли требованию теплоустойчивости панель (рис. 12) из керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией плотностью 1200 кг/м³, толщиной 260 мм, имеющей термовкладыш из газобетона плотностью 300 кг/м³, толщиной 70 мм в г. Ростове-на-Дону.

А. Исходные данные

1. Среднемесячная температура наиболее жаркого месяца (июль) $t_н = 22{,}9\ ^\circ\text{C}$,

2. Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_н} = 20{,}8\ ^\circ\text{C}$.

3. Максимальное и среднее значения суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации для вертикальных поверхностей западной ориентации $I_{макс} = 764$ Вт/м² и $I_{ср} = 184$ Вт/м².

4. Расчетная скорость ветра $V = 3{,}6$ м/с.

Значения параметров в пп, 1—4 определяются по СНиП 2.01.01—82,

5. *Теплотехнические характеристики материалов панели* выбираются по условиям эксплуатации А по прил. [3*]:

для керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией

$$\lambda_1 = 0{,}52 \text{ Вт/(м·°С)}, \; s_1 = 6{,}77 \text{ Вт/(м}^2\text{·°С)};$$

для газобетона $\lambda_2 = 0{,}11$ Вт/(м·°С); $s_2 = 1{,}68$ Вт/(м²·°С),

Б. Порядок расчета

1. Термические сопротивления отдельных слоев стеновой панели:

для керамзитобетона $R_1 = 0{,}1/0{,}52 = 0{,}192$ м²·°С/Вт;

для газобетона $R_2 = 0{,}07/0{,}11 = 0{,}636$ м²·°С/Вт;

для керамзитобетона $R_3 = 0{,}09/0{,}52 = 0{,}173$ м²·°С/Вт,

2. Тепловая инерция каждого слоя:

$$D_1 = 0{,}192 \cdot 6{,}77 = 1{,}299;$$

$$D_2 = 0{,}636 \cdot 1{,}68 = 1{,}068;$$

$$D_3 = 0{,}173 \cdot 6{,}77 = 1{,}171$$

и всей панели $\Sigma D_i = 1{,}299 + 1{,}068 + 1{,}171 = 3{,}538 < 4$ и требуется расчет панели на теплоустойчивость.

3. Так как D_1, D_2, $D_3 > 1$, то коэффициенты теплоусвоения слоев панели принимаются равными коэффициентам теплоусвоения материалов

$$Y_1 = Y_3 = s_1 = 6{,}77 \text{ и } Y_2 = s_2 = 1{,}68 \text{ Вт/(м}^2\text{·°С)}.$$

4. Требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности определяется по формуле [18]

$$A_{t_в}^{тр} = 2{,}5 - 0{,}1\,(22{,}9 - 21) = 2{,}3°\text{С}.$$

5. Расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха вычисляется по формуле [20]

$$A_{t_н}^{расч} = 0{,}5 \cdot 20{,}8 + \frac{0{,}7\,(764 - 184)}{27{,}8} = 25\,°\text{С},$$

где $\alpha_в$ — по летним условиям вычисляется по формуле [24]:

$$\alpha_н = 1{,}16\left(5 + 10\sqrt{3{,}6}\right) = 27{,}8 \text{ Вт/(м}^2\text{·°С)}.$$

6. Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры *наружного воздуха в ограждающей конструкции* вычисляется по формуле [21]

$$\nu = 0{,}9e^{3{,}54/\sqrt{2}} \cdot \frac{(6{,}77 + 8{,}7)(1{,}68 + 6{,}77)(6{,}77 + 1{,}68)}{(6{,}77 + 6{,}77)(1{,}68 + 1{,}68)(6{,}77 + 6{,}77)} \times$$

$$\times \frac{(27{,}8 + 6{,}77)}{27{,}8} = 24{,}5.$$

7. Так как тепловая инерция участка панели со сквозными ребрами >1

$$\left(R_{\text{р}} = \frac{0{,}26}{0{,}52} = 0{,}5 \text{ м}^2\cdot{}^\circ\text{С/Вт},\ s_{\text{р}} = 6{,}77 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{С)}\right)$$

$D_{\text{р}}=3{,}385>1$, то значение $Y_{\text{р}}=s_{\text{р}}=6{,}77$.

8. Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха для участка панели со сквозными ребрами

$$\nu_2 = 0{,}9e^{3{,}38/\sqrt{2}} \cdot \frac{(6{,}77+8{,}7)(27{,}8+6{,}77)}{(6{,}77+6{,}77)\,27{,}8} = 13{,}9.$$

9. Площадь участка панели с термовкладышем:

$$F_1 = 2{,}76\cdot 2{,}78 - 1{,}56\cdot 1{,}7 = 5{,}02 \text{ м}^2;$$

То же, с ребрами

$$F_2 = 2{,}96\cdot 2{,}98 - 5{,}02 - 1{,}36\cdot 1{,}50 = 1{,}76 \text{ м}^2.$$

Их отношение $f=1{,}76 : 5{,}02=0{,}35$.

10. Величину затухания амплитуды колебаний наружного воздуха для неоднородной ограждающей конструкции с одним видом включения определяют по формуле, приведенной в ГОСТ 26253—84:

$$\nu^* = (1+f)\left[\sqrt{\frac{1}{\nu_1^2} + \frac{2f\cos[40{,}5\,(D_1-D_2)]}{\nu_1\nu_2} + \frac{f^2}{\nu_2^2}}\right]^{-1},$$

где $f=F_2/F_1$ — отношение площади участка конструкции с ребрами F_2 к площади участка с термовкладышами F_1; ν_1 и ν_2; D_1 и D_2— соответственно величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха и тепловая инерция участков конструкции.

11. Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности стеновой панели определяется по формуле [19]

$$A_{\tau_{\text{в}}} = A_{t_{\text{н}}}^{\text{расч}}/\nu^* = 25/20{,}5 = 1{,}22\,^\circ\text{С} < A_{\tau_{\text{в}}}^{\text{тр}} = 2{,}3\,^\circ\text{С};$$

что отвечает требованиям СНиП II-3-79 **.

Пример 4. Определить, удовлетворяет ли требованиям теплоустойчивости трехслойная железобетонная панель плотностью 2500 кг/м³ (2 слоя 60 и 80 мм) с ребрами из керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией плотностью 800 кг/м³ сечением 40×80 мм и с утеплителем из плит полужестких минераловатных на крахмальном связующем плотностью 200 кг/м³ и толщиной 80 мм в г. Ростове-на-Дону (рис. 13).

А. Исходные данные

1. Среднемесячная температура наиболее жаркого месяца (июль) $t_{\text{н}}=22{,}9\,^\circ\text{С}$.



Рис. 13. Схема трехслойной железобетонной панели с ребрами из керамзитобетона и с утеплителем из минераловатных плит

1 — керамзитобетон; *2* — железобетон

2. Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_н}=20{,}8$ °С.

3. Максимальное и среднее значение суммарной (прямой и рассеянной) *солнечной радиации для вертикальных поверхностей* западной ориентации $I_{макс}=764$ Вт/м² и $I_{ср}=184$ Вт/м²,

4. Расчетная скорость ветра $V=3{,}6$ м/с.

Значения параметров в пп. 1—4 определяются по СНиП 2.01.01—82.

5. Теплотехнические характеристики материалов панели выбираются по условиям эксплуатации А:

для железобетона $\lambda_1=1{,}92$ Вт/(м·°С), $s_1=17{,}98$ Вт/(м²·°С);

для керамзитобетона на кварцевом песке с поризацией $\lambda_2=0{,}29$ Вт/(м·°С); $s_2=4{,}13$ Вт/(м²·°С);

для минераловатных плит $\lambda_3=0{,}076$ Вт/(м·°С); $s_3=1{,}01$ Вт/(м²·°С).

Б. Порядок расчета

1. Термические сопротивления отдельных слоев участка панели с утеплителем:

для железобетона $R_1=0{,}08/1{,}92=0{,}0417$ м²·°С/Вт;

для минераловатных плит $R_2=0{,}08/0{,}076=1{,}05$ м²·°С/Вт;

для железобетона $R_3=0{,}06/1{,}92=0{,}0312$ м²·°С/Вт.

2. Тепловая инерция участка панели с утеплителем:

$$D_1=0{,}0417\cdot 17{,}98=0{,}75;$$
$$D_2=1{,}05\cdot 1{,}01=1{,}06;$$
$$D_3=0{,}0312\cdot 17{,}98=0{,}56.$$

Суммарное значение тепловой инерции участка панели с утеплителем

$$D=0{,}75+1{,}06+0{,}56=2{,}37.$$

3. Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y:

для внутреннего слоя с тепловой инерцией $D<1$ рассчитывается по формуле [22]

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + \alpha_в}{1 + R_1 \alpha_в} = \frac{0{,}0417 \cdot 17{,}98^2 + 8{,}7}{1 + 0{,}0417 \cdot 8{,}7} = 16{,}27 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)};$$

для утеплителя, имеющего $D>1$, принимается равным коэффициенту теплоусвоения материала $Y_2 = s_2 = 1{,}01$ Вт/(м^2·°С);

для наружного слоя с тепловой инерцией $D<1$ определяется расчетом по формуле [23]

$$Y_3 = \frac{R_3 s_3^2 + Y_2}{1 + R_3 s_2} = \frac{0{,}0312 \cdot 17{,}98^2 + 1{,}01}{1 + 0{,}0312 \cdot 1{,}01} = 10{,}8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

4. Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха для участка панели с утеплителем по формуле [21]

$$\nu_1 = 0{,}9 e^{2{,}37/\sqrt{2}} \times$$

$$\times \frac{(17{,}98 + 8{,}7)(1{,}01 + 16{,}27)(17{,}98 + 1{,}01)(27{,}8 + 10{,}8)}{(17{,}98 + 16{,}27)(1{,}01 + 1{,}01)(17{,}98 + 1{,}08)\, 27{,}8} = 29{,}4.$$

5. Термические сопротивления отдельных слоев участка панели с ребрами R_1 и R_3 определяются так же, как в примере 1; для керамзитобетонных ребер $R_2 = 0{,}08/0{,}29 = 0{,}276$ м^2·°С/Вт.

6. Тепловая инерция участка панели с ребрами D_1 и D_3 определяется так же, как в примере п. 2, $D_2 = 0{,}276 \cdot 4{,}13 = 1{,}14$, Суммарное значение тепловой инерции участка панели с ребрами

$$D = 0{,}75 + 1{,}14 + 0{,}56 = 2{,}45.$$

7, Коэффициент теплоусвоения участка панели с ребрами:

для внутреннего слоя определяется так же, как в п. 3;

для керамзитобетонных ребер, имеющих $D>1$, принимается равным коэффициенту теплоусвоения материала

$$Y_2 = s_р = 4{,}13;$$

для наружного слоя с тепловой инерцией $D<1$ определяется расчетом по формуле [23]

$$Y_3 = \frac{0{,}0312 \cdot 17{,}98^2 + 4{,}13}{1 + 0{,}0312 \cdot 4{,}13} = 12{,}6.$$

8. Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха для участка панели с ребрами

$$\nu_2 = 0{,}9 e^{2{,}45\sqrt{2}} \times$$

$$\times \frac{(17{,}98 + 8{,}7)(4{,}13 + 16{,}27)(17{,}98 + 4{,}13)(27{,}8 + 12{,}6)}{(17{,}98 + 16{,}27)(4{,}13 + 4{,}13)(17{,}98 + 12{,}6)\, 27{,}8} = 10{,}3.$$

9. Площадь участков панели с утеплителем:

$$F_1 = 2,88 \cdot 2,9 - 1,44 \cdot 1,58 = 6,1 \text{ м}^2;$$

площадь участков панели с ребрами:

$$F_2 = 2,96 \cdot 2,98 - 6,1 - 1,36 \cdot 1,5 = 0,71 \text{ м}^2;$$

отношение площадей участков панели:

$$f = 0,71/6,1 = 0,116.$$

10. Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха для неоднородной ограждающей конструкции с одним видом включения определяют по формуле ГОСТ 26253—84 (см. п. 10 примера 3)

$$\nu^* = (1 + 0,116) \times$$

$$\times \left[\sqrt{\frac{1}{29,4^2} + \frac{2 \cdot 0,116 \cdot \cos[40,5\,(2,37 - 2,45)]}{29,4 \cdot 10,3} + \left(\frac{0,116}{10,3}\right)^2} \right]^{-1} =$$

$$= 24,7.$$

11. Требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности определяется по формуле [18]

$$A_{\tau_в}^{тр} = 2,5 - 0,1\,(22,9 - 21) = 2,3\ ^\circ\text{C}.$$

12. Расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха вычисляется по формуле [20]:

$$A_{t_н}^{расч} = 0,5 \cdot 20,8 + \frac{0,7\,(764 - 184)}{27,8} = 25\ ^\circ\text{C},$$

где $\alpha_в$ — по летним условиям вычисляется по формуле [24]:

$$\alpha_н = 1,16\left(5 + 10\sqrt{3,6}\right) = 27,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}.$$

13. Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности стеновой панели определяется по формуле [19]:

$$A_{\tau_в} = A_{t_н}^{расч}/\nu^* = 25/24,7 \approx 1,01\ ^\circ\text{C} < A_{\tau_в}^{тр} = 2,3\ ^\circ\text{C},$$

что отвечает требованиям СНиП II-3-79**.

4. ТЕПЛОУСВОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛОВ

4.1. Теплоусвояемость полов (см. п. [4.1]) зданий должна соответствовать требованиям СНиП II-3-79** и определяется следующим образом:

показатель теплоусвоения поверхности пола $Y_п^*$ находят по [4.2];

если расчетная величина $Y_п$ показателя теплоусвоения поверхно-

сти пола окажется не более нормативной величины $Y_п^н$, установленной табл. [11*], то этот пол удовлетворяет требованиям в отношении теплоусвоения;

если $Y_п > Y_п^н$, то следует взять другую конструкцию пола или изменить толщины некоторых его слоев и т. д. (см. пример 2).

4.2. Теплотехническая характеристика пола в местах отдыха животных при содержании их без подстилки определяется вычисляемым в соответствии с требованиями пункта [4.2] показателем теплоусвоения поверхности пола $Y_п$, который должен быть не более нормативной величины, принимаемой равной: для крупного рогатого скота молочного направления и молодняка до четырехмесячного возраста (крупного рогатого скота и свиней) — 12,5 Вт/(м²·°С); для откормочных животных с четырехмесячного возраста (свиней — 17 Вт/(м²·°С) и крупного рогатого скота — 15 Вт/(м²·°С).

Примечание. В разд. [3] и [4] представлена единая методика оценки теплоустойчивости ограждающих конструкций и теплоусвоения поверхности полов. Причем показатель теплоусвоения материала при расчете полов берется удвоенным по сравнению с принимаемым при расчете теплоустойчивости и равным по своей величине коэффициенту тепловой активности пола, при этом период тепловых воздействий условно принимается равным 6 ч вместо 24 ч.

Расчетные коэффициенты теплопроводности материалов слоев конструкции пола в местах отдыха животных следует принимать при эксплуатационной влажности этих материалов, но не выше, чем при условиях эксплуатации Б по прил. [3*]. В случае применения специальных гидрофобизированных материалов допускается принимать указанные характеристики при условиях эксплуатации А.

Пример 1. Определить, удовлетворяет ли в отношении теплоусвоения требованиям СНиП II-3-79** пол на участках с постоянными рабочими местами в отапливаемых помещениях производственных зданий, где выполняются физические работы средней тяжести (категория II). Конструкция пола — линолеум на тканевой подоснове, наклеенный холодной водостойкой мастикой на цементную стяжку, уложенную на теплозвукоизоляционный слой над железобетонной плитой перекрытия. Теплотехнические характеристики отдельных слоев конструкции пола (при их нумерации сверху вниз) даны в табл. 15.

Тепловая инерция слоев пола по формуле [2]

$$D_1 = R_1 \cdot s_1 = 0{,}009 \cdot 7{,}52 = 0{,}068;$$

$$D_2 = R_2 \cdot s_2 = 0{,}0059 \cdot 4{,}56 = 0{,}027;$$

$$D_3 = R_3 \cdot s_3 = 0{,}026 \cdot 9{,}6 = 0{,}25;$$

$$D_4 = R_4 \cdot s_4 = 0{,}027 \cdot 2{,}44 = 0{,}065;$$

$$D_5 = R_5 \cdot s_5 = 0{,}073 \cdot 17{,}98 = 1{,}31.$$

Таблица 15

Номер слоя	Материал	Толщина слоя δ, м	Плотность материала в сухом состоянии γ_0, кг/м³	Коэффициенты при условиях эксплуатации А		Термическое сопротивление R, м²·°С/Вт
				теплопроводности λ, Вт/(м·°С)	теплоусвоения s, Вт/(м²·°С)	
1	Покрытие из линолеума	0,003	1600	0,33	7,52	0,009
2	*Прослойка из битумной мастики*	0,001	1000	0,17	4,56	0,0059
3	Стяжка из цементно-песчаного раствора марки 150	0,02	1800	0,76	9,6	0,026
4	Теплозвукоизоляционный слой из поризованного раствора	0,004	500	0,15	2,44	0,027
5	Железобетонная плита перекрытия	0,14	2500	1,92	17,98	0,073

Так как суммарная тепловая инерция первых четырех слоев

$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0{,}068 + 0{,}027 + 0{,}25 + 0{,}065 = 0{,}409 < 0{,}5$,

но суммарная тепловая инерция пяти слоев $0{,}409 + 1{,}31 = 1{,}72 > 0{,}5$, то в соответствии с п. [4.2, б] показатель теплоусвоения поверхности пола определяем последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностей слоев конструкции пола по формулам [28]—[28а], начиная с четвертого:

$$Y_4 = \frac{2R_4 s_4^2 + s_5}{0{,}5 + R_4 s_5} = \frac{2 \cdot 0{,}027 \cdot 2{,}44^2 + 17{,}98}{0{,}5 + 0{,}027 \cdot 17{,}98} = 18{,}6 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_3 = \frac{4R_3 s_3^2 + Y_4}{1 + R_3 Y_4} = \frac{4 \cdot 0{,}026 \cdot 9{,}6^2 + 18{,}6}{1 + 0{,}026 \cdot 18{,}6} = 19 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_2 = \frac{4R_2 s_2^2 + Y_3}{1 + R_2 Y_3} = \frac{4 \cdot 0{,}0055 \cdot 4{,}56^2 + 19}{1 + 0{,}0055 \cdot 19} = 17{,}5 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_1 = Y_\text{п} = \frac{4R_1 s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2} = \frac{4 \cdot 0{,}009 \cdot 7{,}52 + 17{,}5}{1 + 0{,}009 \cdot 17{,}5} = 16{,}9 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)}.$$

Значение *показателя теплоусвоения поверхности пола* по табл. [11*] не должно превышать $Y_\text{п}^\text{н} = 17$ Вт/(м²·°С). Расчетное значение показателя теплоусвоения данной конструкции пола составляет 16,9 Вт/(м²·°С), следовательно, рассматриваемая конструкция пола в отношении теплоусвоения удовлетворяет нормативным требованиям.

Пример 2. Определить, удовлетворяет ли в отношении теплоус-

воения требованиям СНиП II-3-79** конструкция пола жилого здания из поливинилхлоридного линолеума на теплозвукоизолирующей подоснове из стеклянного волокна, наклеенного холодной битумной мастикой на железобетонную плиту перекрытия. Теплотехнические характеристики отдельных слоев конструкции пола (при их нумерации сверху вниз) даны в табл. 16.

Таблица 16

Номер слоя	Материал	Толщина слоя δ, м	Плотность материала в сухом состоянии γ_0, кг/м³	Коэффициенты при условиях, эксплуатации А		Термическое сопротивление R, м²·°С/Вт
				теплопроводности λ, Вт/(м·°С)	теплоусвоения s, Вт/(м²·°С)	
1	Лицевой слой из линолеума	0,0015	1600	0,33	7,52	0,0045
2	Подоснова	0,002	150	0,047	0,92	0,043
3	Битумная мастика	0,001	1000	0,17	4,56	0,0059
4	Плита перекрытия	0,14	2400	1,74	16,77	0,08

Определим тепловую инерцию слоев пола по формуле [2]:

$$D_1 = R_1 s_1 = 0{,}0045 \cdot 7{,}52 = 0{,}034;$$
$$D_2 = R_2 \cdot s_2 = 0{,}043 \cdot 0{,}92 = 0{,}04;$$
$$D_3 = R_3 s_3 = 0{,}0059 \cdot 4{,}56 = 0{,}027;$$
$$D_4 = R_4 s_4 = 0{,}08 \cdot 16{,}77 = 1{,}34.$$

Так как суммарная тепловая инерция первых трех слоев $D_1 + D_2 + D_3 = 0{,}034 + 0{,}04 + 0{,}027 = 0{,}101 < 0{,}5$, но суммарная тепловая инерция четырех слоев $0{,}101 + 1{,}34 = 1{,}441 > 0{,}5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола определяем последовательно с учетом четырех слоев конструкции пола с помощью формул [28] и [28а], начиная с третьего:

$$Y_3 = \frac{2R_3 s_3^2 + s_4}{0{,}5 + R_3 s_4} = \frac{2 \cdot 0{,}0056 \cdot 4{,}56^2 + 16{,}77}{0{,}5 + 0{,}0059 \cdot 16{,}77} = 28{,}4 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_2 = \frac{4R_2 s_2^2 + Y_3}{1 + R_2 Y_3} = \frac{4 \cdot 0{,}043 \cdot 0{,}92^2 + 28{,}4}{1 + 0{,}043 \cdot 28{,}4} = 12{,}9 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_1 = Y_\text{п} = \frac{4R_1 s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2} = \frac{4 \cdot 0{,}0045 \cdot 7{,}52^2 + 12{,}9}{1 + 0{,}0045 \cdot 12{,}9} =$$
$$= 13{,}2 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)}.$$

Значение показателя теплоусвоения поверхности пола для жилых зданий по табл. [11*] не должно превышать $Y_п^н = 12$ Вт/(м²·°С), а расчетное значение показателя теплоусвоения данной конструкции пола составляет $Y_п = 13{,}2$ Вт/(м²·°С).

Следовательно, рассматриваемая конструкция пола в отношении теплоусвоения не удовлетворяет требованиям главы СНиП II-3-79**. Определим показатель теплоусвоения поверхности данной конструкции пола в том случае, если по плите перекрытия будет устроена стяжка из шлакопемзобетона ($\delta = 0{,}02$ м, $\gamma = 1200$ кг/м³, $\lambda = 0{,}37$ Вт/(м·°С), $s = 5{,}83$ Вт/(м²·°С), $R = 0{,}054$ м²·°С/Вт, $D = 0{,}315$). Конструкция пола в этом случае будет состоять из пяти слоев.

Так как суммарная тепловая инерция первых четырех слоев $D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0{,}034 + 0{,}04 + 0{,}027 + 0{,}315 = 0{,}416 < 0{,}5$, но суммарная тепловая инерция пяти слоев $0{,}416 + 1{,}34 = 1{,}756 > 0{,}5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола определяется с учетом пяти слоев конструкции пола,

Определим показатель теплоусвоения поверхности четвертого, третьего, второго и первого слоев пола по формулам [28], [28а]:

$$Y_4 = \frac{2R_4 s_4^2 + s_5}{0{,}5 + R_4 s_5} = \frac{2 \cdot 0{,}054 \cdot 5{,}83^2 + 16{,}77}{0{,}5 + 0{,}054 \cdot 16{,}77} = 14{,}5 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_3 = \frac{4R_3 s_3^2 + Y_4}{1 + R_3 Y_4} = \frac{4 \cdot 0{,}0059 \cdot 4{,}56^2 + 14{,}5}{1 + 0{,}0059 \cdot 14{,}5} = 13{,}82 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_2 = \frac{4R_2 s_2^2 + Y_3}{1 + R_2 Y_3} = \frac{4 \cdot 0{,}043 \cdot 0{,}92^2 + 13{,}82}{1 + 0{,}043 \cdot 13{,}82} = 8{,}78 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_1 = Y_п = \frac{4R_1 s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2} = \frac{4 \cdot 0{,}0015 \cdot 7{,}52^2 + 8{,}78}{1 + 0{,}0045 \cdot 8{,}78} =$$

$$= 9{,}4 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)}.$$

Таким образом, устройство по плите перекрытия стяжки из шлакопемзобетона ($\gamma_0 = 1200$ кг/м³) толщиной 20 мм уменьшило значение показателя теплоусвоения поверхности пола с 13,2 до 9,4 Вт/(м²·°С). Следовательно, эта конструкция пола в отношении теплоусвоения удовлетворяет нормативным требованиям, так как значение показателя теплоусвоения поверхности не превышает $Y_п^н = 12$ Вт/(м²·°С) нормируемого показателя теплоусвоения пола для жилых зданий.

Пример 3. Определить, удовлетворяет ли нормативным требованиям в отношении теплоусвоения [п. 4.1] конструкция пола в местах отдыха животных — коров молочного направления, состоящая из резиновых плит, наклеенных резинобитумной мастикой по слою гидрофобизированного керамзитобетона, уложенного по грунту. Теплотех-

нические характеристики отдельных слоев конструкции пола (при их нумерации сверху вниз) даны в табл. 17.

Таблица 17

Номер слоя	Материал	Толщина слоя δ, м	Плотность материала γ_0, кг/м³	Расчетные коэффициенты		Термическое сопротивление R, м²·°С/Вт
				теплопроводности λ, Вт/(м·°С)	теплоусвоения s, Вт/(м²·°С)	
1	Резиновая плита	0,015	1200	0,35	6,4	0,043
2	Резинобитумная мастика	0,003	1400	0,27	6,8	0,011
3	Керамзитобетон гидрофобизированный	0,08	1000	0,33	5,03	0,042

Примечание. Поскольку для третьего слоя пола предусмотрен гидрофобизированный керамзитобетон, его расчетные коэффициенты теплопроводности λ_3 и теплоусвоения s_3 приняты по прил. [3*] при условиях эксплуатации *А*.

Порядок расчета

Тепловая инерция слоев пола по формуле [2]

$$D_1 = R_1 s_1 = 0{,}043 \cdot 6{,}4 = 0{,}275;$$
$$D_2 = R_2 s_2 = 0{,}011 \cdot 6{,}8 = 0{,}075;$$
$$D_3 = R_3 s_3 = 0{,}242 \cdot 5{,}03 = 1{,}217.$$

Так как суммарная тепловая инерция первых двух слоев $D_1 + D_2 = 0{,}275 + 0{,}075 = 0{,}35 < 0{,}5$, но суммарная тепловая инерция трех слоев $0{,}35 + 1{,}217 = 1{,}567 < 0{,}5$, то определяем последовательно снизу вверх показатели теплоусвоения поверхности слоя пола начиная со второго слоя по формулам [28] и [28а]:

$$Y_2 = \frac{2R_2 s_2^2 + s_3}{0{,}5 + R_2 s_3} = \frac{2 \cdot 0{,}011 \cdot 6{,}8^2 + 5{,}03}{0{,}5 + 0{,}011 \cdot 5{,}03} = 10{,}9 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)};$$

$$Y_1 = Y_п = \frac{4R_1 s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2} = \frac{4 \cdot 0{,}043 \cdot 6{,}4^2 + 10{,}9}{1 + 0{,}043 \cdot 10{,}9} = 12{,}22 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°С)}.$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола в местах отдыха животных для коров молочного направления по п. 4.2 не должен превышать нормативной величины $Y_п^н = 12{,}3$ Вт/(м²·°С).

Так как расчетное значение показателя теплоусвоения рассмат-

риваемой конструкции пола $Y_п = 12 \cdot 22 < Y_п^н = 12{,}3$ Вт/(м²·°С), то конструкция пола в отношении теплоусвоения удовлетворяет нормативным требованиям.

5. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Воздухоизоляционные свойства строительных материалов и конструкций характеризуются сопротивлением их воздухопроницанию $R_и$, м²·ч/кг, при $\Delta p = 10$ Па.

Сопротивление воздухопроницанию материалов ограждающих конструкций и заполнений световых проемов принимается по прил. [9] и [10*].

Примечание. Величину сопротивления воздухопроницанию $R_и$ при иной, отличной от указанной в прил. 9, толщине слоя допускается принимать прямо пропорционально толщине.

5.2. Сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции (массивной или светопрозрачной) согласно требованиям СНиП II-3-79** рассчитывается следующим образом:

а) определяют разность давления воздуха Δp на наружной и внутренней поверхностях ограждающей конструкции по формуле [30];

б) по табл. [12*] устанавливают нормативное значение воздухопроницаемости ограждения $G^н$ для данного вида здания с учетом района строительства;

в) определяют требуемое сопротивление воздухопроницанию $R_и^{тр}$ заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей) по формуле [33], а для других ограждающих конструкций — по формуле [29];

г) требуемое сопротивление воздухопроницанию ограждающей конструкции $R_и^{тр}$ сравнивают с сопротивлением воздухопроницанию рассматриваемой конструкции $R_и$. Величина $R_и$ для заполнения светового проема устанавливается по данным проектной документации или по прил. [10*]. Для других ограждающих конструкций $R_и$ рассчитывают по формуле [32].

Если $R_п \geqslant R_и^{тр}$, то рассматриваемая конструкция удовлетворяет СНиП II-3-79** в отношении сопротивления воздухопроницанию. В случае, если $R_и < R_и^{тр}$, то принимается другая конструкция, для которой $R_и \geqslant R_и^{тр}$.

Пример 1. Определить, удовлетворяют ли в отношении сопротивления воздухопроницанию требованиям СНиП II-3-79** деревянные окна с тройным остеклением в раздельно-спаренных переплетах (ГОСТ 16289—86) в 12-этажном здании высотой $H = 34{,}8$ м в г. Уфе,

Порядок расчета

Для г. Уфы согласно СНиП 2.01.01—82 средняя температура наиболее холодной пятидневки при обеспеченности 0,92 (расчетная температура наружного воздуха при расчете конструкций на воздухопроницаемость) равна —35 °С, а расчетная температура внутреннего воздуха равна 18 °С.

Вычисляем удельный вес наружного и внутреннего воздуха по формуле [31]

$$\gamma_н = \frac{3463}{[273 + (-35)]} = 14{,}55 \text{ Н/м}^3; \quad \gamma_в = \frac{3463}{273 + 18} = 11{,}9 \text{ Н/м}^3.$$

Определяем расчетную разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях окна на первом этаже здания Δp по формуле [30]

$$\Delta p = 0{,}55 \text{ Н } (\gamma_н - \gamma_в) + 0{,}03\gamma_н v^2 = 0{,}55 \cdot 34{,}8\,(14{,}55 - 11{,}9) + \\ + 0{,}03 \cdot 14{,}55 \cdot 5{,}5^2 = 63{,}92 \text{ Па}.$$

Находим требуемое сопротивление воздухопроницанию окон в рассматриваемом доме по формуле [33]

$$R_и^{тр} = \frac{1}{G^{н}} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_о} \right)^{2/3} = \frac{1}{10} \left(\frac{63{,}92}{10} \right)^{2/3} = 0{,}34 \text{ м}^2 \cdot \text{ч/кг}$$

при $\Delta p_о = 10$ Па.

В соответствии с прил. [10*] окна с тройным остеклением в раздельно-спаренных переплетах имеют сопротивление воздухопроницанию при одном ряде уплотняющих прокладок из пенополиуретана и при $R_и = 0{,}3$ м²·ч/кг, а при двух рядах тех же прокладок $R_и = 0{,}44$ м²·ч/кг.

Величина $R_и = 0{,}44$ м²·ч/кг превышает $R_и^{тр}$, следовательно окна рассматриваемой конструкции с двумя рядами прокладок удовлетворяют требованиям СНиП II-3-79**.

Пример 2. Определить, удовлетворяют ли в отношении сопротивления воздухопроницанию требованиям СНиП II-3-79** наружные стены крупнопанельного жилого дома, возводимого в г. Каунасе. Высота здания 15 м. Наружные стеновые панели из неавтоклавного пенобетона плотностью $\gamma_о = 800$ кг/м³. Толщина стеновой панели $\delta = 0{,}24$ м.

Порядок расчета

Средняя температура наиболее холодной пятидневки при обеспеченности 0,92 и скорости ветра в соответствии с СНиП 2.01.01—82 составляют $t_н^{(5)} = -20$ °С и $v = 4{,}9$ м/с. Расчетная температура внутреннего воздуха равна 18 °С. Сопротивление воздухопроницанию слоя неавтоклавного бетона толщиной 0,1 м согласно прил. [9] рав-

но 196 м²·ч·Па/кг. Сопротивление воздухопроницанию стены (δ=0,24 м), вычисленное согласно п. 5.1, составляет

$$R_{\text{и}} = 196\,\frac{0{,}24}{0{,}1} = 470 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/кг}.$$

Вычисляем удельный вес наружного и внутреннего воздуха по формуле [31]

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{3463}{273+18} = 11{,}9 \text{ Н/м}^3; \quad \gamma_{\text{н}} = \frac{3463}{273-20} = 13{,}69 \text{ Н/м}^3.$$

Определяем расчетную разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях стены Δp по формуле [30]

$$\Delta p = 0{,}55\cdot H(\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) + 0{,}03\gamma_{\text{н}} v^2 = 0{,}55\cdot 15\,(13{,}69 - 11{,}9) + 0{,}03\cdot 13{,}69\cdot 4{,}9^2 = 24{,}63 \text{ Па}.$$

В соответствии с табл. [12*] нормативная воздухопроницаемость рассматриваемого ограждения $G^{\text{н}}$=0,5 кг/(м²·ч). По формуле [29] определим требуемое сопротивление воздухопроницанию стены

$$R_{\text{и}}^{\text{тр}} = \frac{\Delta p}{G^{\text{н}}} = \frac{24{,}63}{0{,}5} = 49{,}3 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/кг}.$$

Поскольку $R_{\text{и}} = 470 > R_{\text{и}}^{\text{тр}} = 49{,}3$ м²·ч·Па/кг, стена по воздухопроницаемости удовлетворяет требованиям СНиП II-3-79**.

Пример 3. Требуется проверить возможность применения окон с двойным остеклением в деревянных спаренных переплетах в производственном здании высотой 12 м с незначительными избытками явного тепла, расположенном в г. Горьком.

А. Исходные данные

Температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}}$=18 °С, $\gamma_{\text{в}}$=11,9 Н/м³, определяется по формуле [31].

Средняя температура наиболее холодной пятидневки $t_{\text{н}}$ составляет —30 °С, расчетная скорость ветра v=5,1 м/с (СНиП 2.01.01—82), $\gamma_{\text{н}}$=14,25 Н/м³ (формула [31]). Согласно прил. [10*] сопротивление воздухопроницанию окон данного типа составляет $R_{\text{в}}$=0,16 м²·ч/кг.

Б. Порядок расчета

Определяем разность давлений по обе стороны окна на первом этаже здания по формуле [30]

$$\Delta p = 0{,}55\cdot 12\,(14{,}25 - 11{,}9) + 0{,}03\cdot 14{,}25\cdot 5{,}1 = 26{,}4 \text{ Па}.$$

Нормативная воздухопроницаемость окна, установленная по табл. [12*], составляет 15 кг(м²·ч). Находим требуемое сопротивление воздухопроницанию окна по формуле [33]

$$R_{и}^{тр} = \frac{1}{15}\left(\frac{26{,}4}{10}\right)^{2/3} = 0{,}13 < R_{и} = 0{,}16 \text{ м}^2\cdot\text{ч/кг}.$$

Так как величина сопротивления воздухопроницанию удовлетворяет нормам, следовательно, рассматриваемое окно по его воздухоизоляционным свойствам может быть применено в данных условиях эксплуатации.

Пример 4. Требуется проверить возможность применения окон с одинарными переплетами из гнутосварных стальных профилей, остекленных стеклопакетами (серия 1.436.3—21) в производственном здании высотой 18 м, с незначительными избытками явного тепла, расположенном в г. Мурманске.

А. Исходные данные

Температура внутреннего воздуха $t_{в} = 18$ °С, $\gamma_{в} = 11{,}9$ Н/м³ (формула [31]).

Средняя температура наиболее холодной пятидневки составляет минус 27 °С, расчетная скорость ветра $V = 7{,}5$ м/с (СНиП 2.01.01—82), $\gamma_{в} = 14{,}07$ Н/м³ (формула [31]).

Сопротивление воздухопроницанию окон по прил. [10*] принимается как для окон с деревянными спаренными переплетами, имеющими уплотнительные прокладки из губчатой резины $R_{и} = 0{,}16$ м²·ч/кг с коэффициентом 0,8, $R_{и} = 0{,}13$ м²·ч/кг.

Б. Порядок расчета

Определяем разность давлений по обе стороны окна на первом этаже здания по формуле [30].

$$\Delta p = 0{,}55 \cdot 18\,(14{,}07 - 11{,}09) + 0{,}03 \cdot 14{,}07 \cdot 7{,}5^2 = 50{,}5 \text{ Па}.$$

Согласно данным табл. [12*] нормативная воздухопроницаемость окон для данных условий эксплуатации составляет 15 кг/(м²·ч).

Находим требуемое сопротивление воздухопроницанию окна по формуле [33]

$$R_{и}^{тр} = \frac{1}{15}\left(\frac{50{,}5}{10}\right)^{2/3} = 0{,}20 > R_{и} = 0{,}13 \text{ м}^2\cdot\text{ч/кг}.$$

Следовательно, рассматриваемое окно с одинарным переплетом не удовлетворяет нормативным требованиям. В данном случае, учитывая большую высоту здания и его расположение в районе со значительным скоростным напором ветра, может быть рекомендовано применение окна с раздельными переплетами из гнутосварных профилей той же серии.

Согласно прил. [10*] сопротивление воздухопроницанию окон с раздельными металлическими переплетами составляет $R_{и} = 0{,}26 \times 0{,}8 = 0{,}21$ м²·ч/кг, что больше $R_{и} = 0{,}20$ м²·ч/кг. Данный вариант удовлетворяет нормативным требованиям по воздухопроницаемости.

6. СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

6.1. Расчет требуемого сопротивления паропроницанию ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) производится по СНиП II-3-79**, разд. [6] с учетом следующих требований:

а) упругости водяного пара E_1, E_2, E_3, E_0, Па, в формулах [34]—[37] принимаются (для конструкций помещений без агрессивной среды — по прил. 8, а с агрессивной средой — по пп. 6.1, *б*, *в* и 6.2) по температуре в плоскости возможной конденсации, определяемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего, летнего периодов и периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами (упругости E_1, E_2, E_3, E_0, E в формулах [34]—[37] для конструкций помещений с агрессивной средой обозначаются соответственно: E_{p_1}, E_{p_2}, E_{p_3}, E_{p_0}, E_p);

б) значения упругости водяного пара E_p, Па, над насыщенными растворами солей для температур 10—30 °С принимаются по прил. 7, для температур ниже 10 °С они могут быть определены по формуле

$$E_{p_i} = 0{,}01 E_i \varphi_p', \tag{26}$$

где E_i — упругость насыщенного водяного пара, Па, принимается по температуре в плоскости возможной конденсации по прил. 8; φ_p — относительная влажность воздуха над насыщенным водным раствором соли, %, при $t = 20$ °С, принимается по прил. 7;

в) упругости водяного пара E_{p_i} в плоскости возможной конденсации наружных стен из керамзитобетона на керамзитовом песке ($\gamma_0 = 1200$ кг/см³), содержащих соли NaCl, KCl, $MgCl_2$ или их смеси а также расстояние до плоскости конденсации от внутренней поверхности стены $\delta\omega$ в указанных стенах следует определять соответственно по формулам (27) и (28):

$$E_{p_i} = 0{,}01 E_i \varphi_p \text{ при } i = 1,2,3,0; \tag{27}$$

$$\delta_\omega = 0{,}07 \delta_{ут} \varphi_p, \tag{28}$$

где φ_p — относительная влажность воздуха в порах материала ограждающей конструкции, %, определяемая в соответствии с п. 6.2; $\delta_{ут}$ — толщина утеплителя, м.

Индексы $i = 1$, 2, 3, 0 относятся соответственно к зимнему, весенне-осеннему, летнему периодам и периоду месяцев с отрицательными среднемесячными температурами;

г) значения температуры в плоскости возможной конденсации следует определять по формуле

$$\tau = t_в - \frac{t_в - t_н}{R_0} (R_в + \Sigma R), \tag{29}$$

где $t_в$, $t_н$ — расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха (среднесезонная или средняя за период влагонакопления), °С; $R_о$ — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт; $R_в = 1/\alpha_в$, где $\alpha_в$ то же, что в формуле [1]; ΣR — сумма термических сопротивлений слоев конструкции, расположенных между внутренней поверхностью и плоскостью возможной конденсации, м²·°С/Вт.

При расчете величин $R_о$ и ΣR коэффициенты теплопроводности материалов слоев ограждающей конструкции зданий с агрессивной средой могут быть приняты по прил. [3*] при соответствующих условиях эксплуатации;

д) стены промышленных зданий, подверженные воздействию высокоактивных в гигроскопическом отношении аэрозолей ($\varphi_р \leqslant 60$ %) расчету по формулам [34]—[37] не подлежат. Защиту от увлажнения таких стен с внутренней стороны следует производить без расчета, как от непосредственного воздействия раствора соответствующего аэрозоля.

е) независимо от результатов расчета по формулам [34], [35] требуемые сопротивления паропроницанию $R_{п_1}^{тр}$ и $R_{п_2}^{тр}$ (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) во всех случаях должны приниматься не более 5 м²·ч·Па/мг.

6.2. При наличии графиков сорбции в зависимости от массового солесодержания определение сопротивления паропроницанию может быть проведено следующим образом.

Относительная влажность воздуха $\varphi_р$ в порах керамзитобетона на керамзитовом песке плотностью 1200 кг/м³, содержащих соли NaCl, KCl, $MgCl_2$ или их смеси, определяется по графику сорбции в зависимости от массового солесодержания C, % (см. прил. 10). При этом величина $\varphi_р$ в формулах (27) и (28) при расчете E_{p_i} ($i = 1, 2, 3$) определяется по графику сорбции $w = 10$ %, а при расчете E_{p_0} — по графику сорбции $w = 15$ %.

Массовое солесодержание в материале ограждающих конструкций, защищенных с внутренней стороны лакокрасочным покрытием, а с наружной гидрофобизацией, определяется по формуле

$$C = [A + B(T - 4)]\,d, \qquad (30)$$

где A — эмпирическая величина, характеризующая процесс соленакопления в первые годы эксплуатации здания; B — увеличение солесодержания за год эксплуатации; T — предполагаемый срок службы в годах; d — коэффициент, учитывающий влияние гидрофобизации наружной поверхности стен на кинетику процесса соленакопления.

В частности, для производств, связанных с переработкой хлористых солей натрия, калия и магния эта формула приобретает следующий вид:

$$C = [A + 0{,}1(T - 4)]\,0{,}4, \qquad (31)$$

где величина A принимается равной 0,7 для стен зданий дробильных

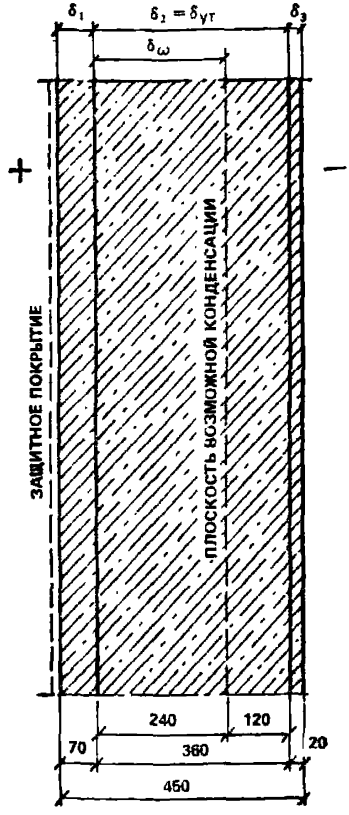


Рис. 14. Сечение панели наружной стены промышленного здания

отделений флотационных фабрик и 0,9 для стен зданий сушильных отделений.

Пример 1. Определить требуемое сопротивление паропроницанию панелей наружной стены (рис. 14), состоящей из защитного слоя бетона плотностью 2400 кг/м³, $\delta_1=0{,}07$ м, с внутренней стороны, теплоизоляционного слоя из керамзитобетона на керамзитовом песке плотностью 1200 кг/м³, $\delta_2=0{,}36$ м и наружного фактурного слоя из цементно-песчаного раствора плотностью 1800 кг/м³, $\delta_3=0{,}02$ м для промышленного здания, строящегося в районе г. Свердловска, и проверить соответствие сопротивления паропроницанию панели (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) требуемому.

А. Исходные данные

Расчетная температура и относительная влажность внутреннего воздуха:

$t_в=18\,°C$, $\varphi_в=60\,\%$; по формуле (25) $e_в=1402$ Па, также можно определить $e_в$ по прил. 9. Влажный режим помещения — нормальный (табл. [1]) и в соответствии с прил. [2] условия эксплуатации —

А. Расчетные показатели строительных материалов по прил. [3*]. Бетон $\lambda_1=1{,}74$ Вт/(м·°С), $\mu_1=0{,}03$ мг/(м·ч·Па). Керамзитобетон $\lambda_2=0{,}44$ Вт/(м·°С); $\mu_2=0{,}11$ мг/(м·ч·Па). Цементно-песчаный раствор $\lambda_3=0{,}76$ Вт/(м·°С), $\mu_3=0{,}09$ мг/(м·ч·Па).

Б. Порядок расчета

Сопротивление теплопередаче панели:

$$R_0=\frac{1}{\alpha_в}+\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\frac{\delta_2}{\lambda_2}+\frac{\delta_3}{\lambda_3}+\frac{1}{\alpha_н}=$$

$$=\frac{1}{8{,}7}+\frac{0{,}07}{1{,}74}+\frac{0{,}36}{0{,}44}+\frac{0{,}02}{0{,}76}+\frac{1}{23}=1{,}044\ \text{м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Термическое сопротивление слоя панели (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации (см. примеч. [3] к п. [6.1*])

$$\Sigma R=\frac{0{,}07}{1{,}74}+\frac{2\cdot0{,}36}{3\cdot0{,}44}=0{,}585\ \text{м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Продолжительность сезонов и среднесезонные температуры определяем по СНиП 2.01.01—82, а значения температур в плоскости возможной конденсации τ_i, соответствующие этим температурам, по формуле (29).

Зима (январь — март, ноябрь, декабрь) — $z_1=5$ мес, $t_{н_1}=-11{,}3$ °С;

$$\tau_1=18-\frac{18+11{,}3}{1{,}044}(0{,}115+0{,}58)=-1{,}6\ \text{°С};$$

Весна, осень (апрель, октябрь) — $z_2=2$ мес, $t_{н_2}=1{,}9$ °С;

$$\tau_2=18-\frac{18-1{,}9}{1{,}044}(0{,}115+0{,}58)=7{,}2\ \text{°С};$$

Лето (май — сентябрь) — $z_3=5$ мес, $t_{н_3}=13{,}5$ °С;

$$\tau_3=18-\frac{18-13{,}5}{1{,}044}(0{,}115+0{,}58)=15\ \text{°С}.$$

По среднесезонным температурам в плоскости возможной конденсации определяем упругости водяного пара по прил. 8:

$$E_1=535\ \text{Па},\quad E_2=1016\ \text{Па},\quad E_3=1705\ \text{Па}.$$

По формуле [36] подсчитываем упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период

$$E=\frac{1}{12}(535\cdot5+1705\cdot5+1016\cdot2)=1103\ \text{Па}.$$

Среднюю упругость водяного пара наружного воздуха за годо-

вой период определяем по СНиП 2.01.01—82

$$e_{\text{н}} = \frac{1}{12}(170 + 170 + 520 + 250 + 740 + 1100 + 1390 + 1290 + 910 + 550 + 280 + 210) = 632 \text{ Па}.$$

Сопротивление паропроницанию части панели, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации

$$R_{\text{п.н}} = \frac{1}{3}\frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} = \frac{1}{3}\frac{0{,}36}{0{,}11} + \frac{0{,}02}{0{,}09} = 1{,}31 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

По формуле [34] определяем требуемое сопротивление паропроницанию и из условия недопустимости накопления влаги в панели за годовой период эксплуатации

$$R_{\text{п}_1}^{\text{тр}} = \frac{(e_{\text{в}} - E)\,R_{\text{п.н}}}{E - e_{\text{н}}} = \frac{(1238 - 1103)\,1{,}31}{1103 - 632} = 0{,}38 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Продолжительность в сутках периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами согласно СНиП 2.01.01—82 $z_0 = 169$ сут, а средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными температурами $t_{\text{н.о}} = -11{,}3$ °С. По формуле (29) температура на плоскости возможной конденсации $\tau_0 = -1{,}6$ °С. Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации по τ_0 $E_0 = 535$ Па по прил. 8. Плотность материала $\gamma_w = 1200$ кг/м³, толщина увлажняемого слоя и $\delta_w = 0{,}24$ м. Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя панели за период влагонакопления по табл. [14] $\Delta w_{\text{ср}} = 5$ %. Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами по СНиП 2.01.01—82

$$e_{\text{н.о}} = \frac{1}{5}(170 + 170 + 250 + 280 + 210) = 216 \text{ Па}.$$

По формуле [37]

$$\eta = \frac{0{,}0024\,(E_0 - e_{\text{н.о}})\,z_0}{R_{\text{п.н}}} = \frac{0{,}0024\,(535 - 216)\,169}{1{,}31} = 98{,}77.$$

По формуле [35] определяем требуемое сопротивление паропроницанию м²·ч·Па/мг, из условия ограничения накопления влаги в панели за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха

$$R_{\text{п}_2}^{\text{тр}} = \frac{0{,}0024\,(e_{\text{в}} - E_0)\,z_0}{\gamma_w\,\delta_w\,\Delta w_{\text{ср}} + \eta} =$$

$$= \frac{0{,}0024\,(1238 - 535)\,169}{1200\cdot 0{,}24\cdot 5 + 98{,}77} = 0{,}19 \text{ м}^2/\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Сопротивление паропроницанию части панели, расположенной между внутренней поверхностью стены и плоскостью возможной конденсации,

$$R_{\text{п.в}}=\frac{\delta_1}{\mu_1}+\frac{2}{3}\frac{\delta_2}{\mu_2}=\frac{0{,}07}{0{,}03}+\frac{2\cdot 0{,}36}{3\cdot 0{,}11}=4{,}51 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

$R_{\text{п.в}}>R^{\text{тр}}_{\text{п}_1}>R^{\text{тр}}_{\text{п}_2}$, т. е. конструкция панели в отношении сопротивления паропроницанию удовлетворяет требованиям СНиП II-3-79**.

Пример 2. Определить требуемое сопротивление паропроницанию наружной стены, состоящей из керамзитобетона на керамзитовом песке плотностью 1200 кг/м³ и фактурных слоев из цементно-песчаного раствора плотностью 1800 кг/м³ для промышленного здания, строящегося в г. Солигорске, и проверить соответствие сопротивления паропроницанию (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) требуемому. Срок эксплуатации предприятия 60 лет.

А. Исходные данные

Толщина слоя керамзитобетона 0,27 м, каждого из фактурных слоев 0,015 м. В стене содержится хлористый натрий NaCl. Расчетная температура и относительная влажность внутреннего воздуха $t_{\text{в}}=15$ °С; $\varphi_{\text{в}}=70$ %; по формуле (25) $e_{\text{в}}=1193$ Па, где $E_{\text{в}}$ находим по прил. 8; $e_{\text{в}}$ можно определить по прил. 9. Расчетные показатели строительных материалов слоев конструкции по прил. [3*] при условиях эксплуатации В:

Цементно-песчаный раствор $\lambda_1=\lambda_3=0{,}93$ Вт/(м·°С), $\mu_1=\mu_3=0{,}09$ мг/(м·ч·Па).

Керамзитобетон на керамзитовом песке $\lambda_2=0{,}52$ Вт/(м·°С); $\mu_2=0{,}11$ мг/(м·ч·Па).

Б. Порядок расчета

1. Расчет $R^{\text{тр}}_{\text{п}1}$.

Среднее массовое солесодержание керамзитобетона в стене по формуле (31)

$$C=[0{,}7+0{,}1\,(60-4)]\,0{,}4=2{,}52\%.$$

По графику сорбции $w=10$ % (см. прил. 10, рис. 1): $\varphi_{\text{р}}=75$ %. Положение плоскости возможной конденсации по формуле (28)

$$\delta_w=0{,}007\cdot 0{,}27\cdot 75=0{,}135 \text{ м}.$$

Сопротивление теплопередаче стены по формуле [4]

$$R_0=\frac{1}{8{,}7}+2\frac{0{,}015}{0{,}93}+\frac{0{,}27}{0{,}52}+\frac{1}{23}=0{,}709 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Сумма термических сопротивлений слоев конструкции, расположенных между ее внутренней поверхностью и плоскостью возможной

конденсации и сопротивление теплоотдаче:

$$\Sigma R = \frac{0{,}015}{0{,}93} + \frac{0{,}135}{0{,}52} = 0{,}276 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт};$$

$$R_в = \frac{1}{8{,}7} = 0{,}115 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}.$$

Среднесезонные температуры и продолжительность сезонов определяем по СНиП 2.01.01-82, а значения температур в плоскости возможной конденсации τ_i, соответствующих среднесезонным температурам наружного воздуха, по формуле (29).

Зима (январь, февраль) — $z_1 = 2$ мес; $t_{н_1} = -6{,}6$ °С;

$$\tau_1 = 15 - \frac{15 + 6{,}6}{0{,}709}(0{,}115 + 0{,}276) = 3{,}1 \text{ °C}.$$

Весна, осень (март, ноябрь, декабрь) — $z_2 = 3$ мес; $t_{н_2} = -2{,}2$ °С;

$$\tau_2 = 15 - \frac{(15 + 2{,}2)\,0{,}391}{0{,}709} = 5{,}5 \text{ °C}.$$

Лето (апрель — октябрь) — $z_3 = 7$ мес; $t_{н_3} = 12{,}2$ °С;

$$\tau_3 = 15 - \frac{(15 - 12{,}2)\,0{,}391}{0{,}709} = 13{,}5 \text{ °C}.$$

Температурам τ_1, τ_2, τ_3 соответствуют (см. прил. 8):

$$E_1 = 764 \text{ Па}; \quad E_2 = 904 \text{ Па}; \quad E_3 = 1547 \text{ Па}.$$

При равновесной относительной влажности воздуха в порах керамзитобетона $\varphi_р = 75$ % определяем упругости водяного пара в плоскости возможной конденсации $E_{р1}$; $E_{р2}$; $E_{р3}$ по формуле (27):

$$E_{р1} = 764 \cdot 0{,}75 = 573 \text{ Па}; \quad E_{р2} = 904 \cdot 0{,}75 = 678 \text{ Па};$$
$$E_{р3} = 1574 \cdot 0{,}75 = 1160 \text{ Па}.$$

Упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период по формуле [36]

$$E_р = \frac{1}{12}(573 \cdot 2 + 678 \cdot 3 + 1160 \cdot 7) = 941 \text{ Па}.$$

Средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период по СНиП 2.01.01—82

$$e_н = \frac{100}{12}(3{,}6 + 3{,}6 + 4{,}3 + 6{,}8 + 9{,}5 + 12{,}5 + 14{,}4 + 14 + 11 + 7{,}8 + 5{,}9 + 4{,}4) = 815 \text{ Па}.$$

Сопротивление паропроницанию части стены, расположенной между плоскостью возможной конденсации и наружной поверхно-

стью,

$$R_{\text{п.н}}=\frac{0{,}135}{0{,}11}+\frac{0{,}015}{0{,}09}=1{,}39\ \text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Сопротивление паропроницанию части стены, расположенной между плоскостью возможной конденсации и внутренней поверхностью,

$$R_{\text{п.в}}=\frac{0{,}27-0{,}135}{0{,}11}+\frac{0{,}015}{0{,}09}=1{,}39\ \text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Требуемое сопротивление паропроницанию $R_{\text{п}_1}^{\text{тр}}$ по формуле [34]

$$R_{\text{п}_1}^{\text{тр}}=\frac{(1193-941)\,1{,}39}{941-815}=2{,}78\ \text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

2. Расчет $R_{\text{п}_2}^{\text{тр}}$

По графику сорбции $w=15$ %; $C=2{,}52$ % (см. прил. 10, рис. 1); $\varphi_{\text{р}}=81{,}8$ %.

Положение плоскости возможной конденсации определяем по формуле (28)

$$\delta_w=0{,}007\cdot0{,}27\cdot81{,}8=0{,}146\ \text{м}.$$

Сопротивление теплопередаче части стены, расположенной между плоскостью возможной конденсации и внутренней поверхностью,

$$R_{0\text{в}}=\frac{1}{8{,}7}+\frac{0{,}015}{0{,}93}+\frac{0{,}146}{0{,}52}=0{,}412\ \text{м}\cdot{}^\circ\text{C/Вт}.$$

Средняя температура наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами по СНиП 2.01.01—82

$$t_{\text{н.о}}=-\left[\frac{(6{,}9+6{,}4+2{,}2+4{,}5)}{4}\right]=-5\ {}^\circ\text{C}.$$

Температура в плоскости возможной конденсации при $t_{\text{н.о}}=-5$ °С по формуле (29)

$$\tau_0=15-\frac{15+5}{0{,}709}\,0{,}412=3{,}38\ {}^\circ\text{C}.$$

Значению $\tau_0=3{,}38$ (см. прил. 8) соответствует $E_0=780$ Па. При равновесной относительной влажности воздуха в порах керамзитобетона $\varphi_{\text{р}}=81{,}8$ % определяем упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации по формуле (27)

$$E_{\text{р0}}=780\cdot0{,}818=638\ \text{Па}.$$

Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами и продолжительность в сутках периода влагонакопления, принимаемая

равной этому периоду по СНиП 2.01.01—82, соответственно равны:

$$e_{но} = \frac{100}{4}(3{,}0 + 3{,}6 + 4{,}3 + 4{,}3) = 397{,}5 \text{ Па и } z_0 = 134 \text{ сут.}$$

Сопротивление паропроницанию части панели, расположенной между плоскостью возможной конденсации и наружной поверхностью

$$R_{п.н} = \frac{0{,}124}{0{,}11} + \frac{0{,}015}{0{,}09} = 1{,}293 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Плотность материала увлажняемого слоя $\gamma_w = 1200$ кг/м³. Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя панели за период влагонакопления z_0 по табл. 14 $\Delta w_{ср} = 5$ %.

По формуле [37]

$$\eta = \frac{0{,}0024\,(638 - 397{,}5)\,134}{1 \cdot 293} = 59{,}82.$$

Требуемое сопротивление паропроницанию $R^{тр}_{п_2}$ по формуле [35]

$$R^{тр}_{п_2} = \frac{0{,}0024 \cdot 134\,(1193 - 638)}{1200 \cdot 0{,}146 \cdot 5 + 59{,}82} = 0{,}19 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

$R^{тр}_{п_1} > R_{п.в} > R^{тр}_{п_2}$, т.е. конструкция панели в отношении сопротивления паропроницанию не удовлетворяет требованиям СНиП II-3-79**. Для обеспечения требуемой величины сопротивления паропроницанию требуется устройство защитного покрытия.

3. Требуемое сопротивление паропроницанию защитного (лакокрасочного) покрытия с внутренней стороны равно:

$$r_п = R^{тр}_{п_1} - R_{п.в} = 2{,}78 - 1{,}39 = 1{,}39 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Пример 3. Определить требуемое сопротивление паропроницанию наружной стены (см. пример 2) для промышленного здания, строящегося в г. Соликамске, и проверить соответствие сопротивления паропроницанию (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) требуемому. Отличие в исходных данных заключается в том, что в стене содержится трехкомпонентная система хлористых солей состава: хлористый натрий NaCl — 60 %, хлористый калий KCl — 30 %, хлористый магний $MgCl_2$ — 10 %.

Расчет производится так же, как в примере 2, но значения величины $\varphi_р$ берутся по графикам сорбции по прил. 10, рис. 4.

Пример 4. Определить требуемое сопротивление паропроницанию панелей наружной стены, состоящей из защитного слоя тяжелого бетона плотностью 2400 кг/м³, $\delta_1 = 0{,}07$ м с внутренней стороны, теплоизоляционного слоя из керамзитобетона на керамзитовом пес-

ке плотностью 1200 кг/м³, $\delta_2=0{,}36$ м и наружного фактурного слоя из цементно-песчаного раствора плотностью 1800 кг/м³, $\delta_3=0{,}02$ м для промышленного здания, строящегося в г. Березняки, и проверить соответствие сопротивления паропроницанию панели (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) требуемому.

А. Исходные данные

Расчетная температура и относительная влажность внутреннего воздуха $t_в=20$ °С, $\varphi_в=50$ %. При этом $e_в=1169$ Па (формула (25)). В воздухе присутствует аэрозоль азотнокислого натрия $NaNO_3$. По прил. 7 упругость паров воды над насыщенным раствором азотнокислого натрия при $t_в=20$ °С и $E_р=1804$ Па. По формуле (24) относительная влажность воздуха с учетом агрессивной среды

$$\varphi_п = \frac{1169}{1804}\,100\% = 64\%,$$

т.е. режим помещения с учетом понижения давления водяного пара над насыщенным раствором азотнокислого натрия — влажный (табл. [1]) и в соответствии с прил. [2] условия эксплуатации — Б.

Расчетные показатели строительных материалов принимаем по прил. [3*]: бетон $\lambda_1=1{,}86$ Вт/(м·°С); $\mu_1=0{,}03$ мг/(м·ч·Па); керамзитобетон $\lambda_2=0{,}52$ Вт/(м²·°С); $\mu_2=0{,}11$ мг/(м·ч·Па); цементно-песчаный раствор $\lambda_3=0{,}93$ Вт/(м·°С); $\mu_3=0{,}09$ мг/(м·ч·Па).

Б. Порядок расчета

Сопротивление теплопередаче панели

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_п} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}07}{1{,}86} + \frac{0{,}36}{0{,}52} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{1}{23} = 0{,}91 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Термическое сопротивление слоя панели (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации)

$$\Sigma R = \frac{0{,}07}{1{,}86} + \frac{0{,}24}{0{,}52} = 0{,}5 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Продолжительность сезонов и среднесезонные температуры определяем по СНиП 2.01.01—82, а значения температур в плоскости возможной конденсации, соответствующих этим температурам, по формуле (29).

Зима (ноябрь — март) $-z_1=5$ мес; $t_{н_1}=-12$ °С;

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20+12)\,0{,}614}{0{,}91} = 20 - 21{,}6 = -1{,}6\text{ °С}.$$

Весна, осень (апрель, октябрь) — $z_2 = 2$ мес; $t_{н_2} = 2{,}1$ °С;

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 - 2{,}1)\,0{,}614}{0{,}91} = 20 - 12{,}1 = 7{,}9\ °\text{С}.$$

Лето (май — сентябрь) — $z_3 = 5$ мес; $t_{н_3} = 13{,}9$ °С;

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 - 13{,}9)\,0{,}614}{0{,}91} = 20 - 4{,}1 = 15{,}9\ °\text{С};$$

По среднесезонным температурам в плоскости возможной конденсации определяем упругости водяного пара над насыщенным раствором аэрозоля азотнокислого натрия $NaNO_3$:

$$E_{р1} = 112 \text{ Па}; \quad E_{р2} = 820 \text{ Па (по формуле (26);}$$
$$E_{р3} = 1408 \text{ Па (по прил. 7).}$$

По формуле [36] подсчитываем упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период

$$E_р = \frac{1}{12}(412 \cdot 5 + 820 \cdot 2 + 1408 \cdot 5) = 895 \text{ Па}.$$

Среднюю упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период определяем по СНиП 2.01.01—82

$$e_н = \frac{100}{12}(2 + 1{,}9 + 2{,}9 + 5{,}2 + 7{,}4 + 11{,}5 + 13{,}7 + 12{,}9 + $$
$$+ 9{,}3 + 5{,}8 + 3{,}5 + 2{,}3) = 653 \text{ Па}.$$

Сопротивление паропроницанию части панели, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации,

$$R_{п.н} = \frac{1}{3}\left(\frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3}\right) = \frac{0{,}12}{0{,}11} + \frac{0{,}02}{0{,}03} = 1{,}76 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

По формуле [34] определяем требуемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги в панели за годовой период эксплуатации

$$R^{тр}_{п_1} = \frac{(e_в - E_р)\,R_{п.п}}{E_р - e_н} = \frac{(1169 - 895)\,1{,}76}{895 - 653} = 1{,}99 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}.$$

Продолжительность в сутках периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными среднемесячными температурами, $z_0 = 152$ сут, а средняя температура наружного воздуха этого периода согласно СНиП 2.01.01—82 $t_{в\,о} = -12$ °С,

По формуле (29):

$$\tau_0 = 20 - \frac{20 + 11}{0{,}91}\,0{,}614 = -1\,°\text{С}.$$

По данным прил. 7 упругость водяного пара над насыщенным

раствором аэрозоля азотнокислого натрия $NaNO_3$ в плоскости возможной конденсации при $t_{н.о}=-12$ °С равна $E_{ро}=435$ Па.

Плотность материала увлажняемого слоя $\gamma_w=1200$ кг/м³, его толщина $\delta_w=0{,}24$ м. Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажняемого слоя панели за период влагонакопления z_0 по табл. [14] $\Delta w_{ср}=5$ %,

Средняя упругость водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами по СНиП 2.01.01—82 равна:

$$e_{н.о}=\frac{100}{5}(2+1{,}9+2{,}9+3{,}5+2{,}3)=252 \text{ Па}.$$

По формуле [37]

$$\eta=\frac{0{,}0024\,(E_{ро}-e_{но})}{R_{п.н}}=\frac{0{,}0024\,(435-252)\,152}{1{,}36}=49{,}09.$$

По формуле [35] определяем требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения накопления влаги в панели за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха

$$R^{тр}_{п_2}=\frac{0{,}0024\,z_0\,(e_в-E_{ро})}{(\gamma_w\,\delta_w\,\Delta w_{ср}+\eta)}=$$

$$=\frac{0{,}0024\cdot 152\,(1169-435)}{1200\cdot 0{,}24\cdot 5+49{,}09}=0{,}180 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

Сопротивление паропроницанию части панели, расположенной между внутренней поверхностью стены и плоскостью возможной конденсации

$$R_{п.в}=\frac{\delta_1}{\mu_1}+\frac{2}{3}\frac{\delta_2}{\mu_2}=\frac{0{,}07}{0{,}03}+\frac{2\cdot 0{,}36}{3\cdot 0{,}11}=4{,}51 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/мг}.$$

$R_{пв}>R^{тр}_{п_1}>R^{тр}_{п_2}$, т. е. конструкция панели в отношении сопротивления паропроницанию удовлетворяет требованиям СНиП II-3-79**.

6.3. Спецификой расчета сопротивления паропроницанию ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий по формулам [34]—[37] является учет параметров внутреннего воздуха в помещении в летний расчетный период эксплуатации.

6.4. Для зданий с круглогодичным содержанием животных в помещениях средняя температура внутреннего воздуха в летний период $t_{вз}$ принимается выше средней температуры наружного воздуха $t_{нз}$ за этот период на величину температурного перепада $\Delta t_{пз}$, но не ниже расчетной температуры внутреннего воздуха $t_{в1}$ в зимний период в соответствии с нормами технологического проектирования. Таким образом, для указанных зданий при назначении расчетных температур внутреннего воздуха $t_в$ за соответствующие расчетные

периоды года, обозначенные индексами: 1 — зимний, 2 — весенне-осенний, 3—летний, — необходимо руководствоваться следующими *указаниями:*

если $t_{в1} < t_{н3} + \Delta t_{в3}$, то следует принимать $t_{в3} = t_{н3} + \Delta t_{в3}$, $t_{в2} = t_{в1}$. (32)

если $t_{в1} \geqslant t_{н3} + \Delta t_{в3}$, то следует принимать $t_{в3} = t_{в2} = t_{в1}$. (33)

Здесь $t_{в1}$, $t_{в2}$, $t_{в3}$ — среднесезонные расчетные температуры внутреннего воздуха, °С, соответственно за зимний, весенне-осенний и летний расчетные периоды года (расчетные периоды года назначаются в зависимости от среднемесячных температур наружного воздуха района строительства в соответствии с указаниями п. [6.1]); значение $t_{в1}$ для зимнего периода года принимается равным расчетной температуре внутреннего воздуха по соответствующим нормам технологического проектирования; $t_{н3}$ — средняя температура наружного воздуха, °С, за летний период, определяемая как среднее арифметическое для месяцев со среднемесячными температурами наружного воздуха выше 5 °С в соответствии с СНиП 2.01.01—82; $\Delta t_{в3}$ — среднее превышение температуры внутреннего воздуха, °С, по сравнению с температурой наружного воздуха в летний период, принимаемое равным: 6 °С — для свиноводческих зданий; 8 °С — для зданий крупного рогатого скота.

Относительная влажность $\varphi_{в3}$ воздуха животноводческих зданий в летний период принимается равной: 70 % — для свиноводческих зданий; 80 % — для зданий крупного рогатого скота.

6.5. Для животноводческих зданий с выгульно-пастбищным содержанием животных в летний период и для птицеводческих зданий средняя температура внутреннего воздуха $t_{в3}$ за этот период принимается равной средней температуре наружного воздуха $t_{н3}$ летнего периода, но не ниже расчетной температуры внутреннего воздуха $t_{в1}$ за зимний период, а упругость водяного пара $e_{в3}$ внутреннего воздуха за летний период — равной средней упругости водяного пара наружного воздуха $e_{н3}$ за этот период, но не ниже упругости водяного пара $e_{в3}$ внутреннего воздуха за зимний период. Таким образом, для указанных зданий при назначении расчетных параметров внутреннего воздуха за соответствующие расчетные периоды года необходимо руководствоваться следующими указаниями:

если $t_{в1} < t_{н3}$ и $e_{в1} < e_{н3}$, то следует принимать $t_{в3} = t_{н3}$;

$$t_{в2} = t_{в1}; \quad e_{в3} = e_{в2}; \; e_{в2} = e_{в1} \tag{34}$$

если $t_{в1} \geqslant t_{н3}$ и $e_{в1} \geqslant e_{н3}$, то следует принимать $t_{в3} = t_{в2} = t_{в1}$;

$$e_{в3} = e_{в2} = e_{в1}. \tag{35}$$

Здесь $t_{в1}$, $t_{в2}$, $t_{в3}$, $t_{н3}$ — то же, что в формулах (32) и (33); $e_{в1}$, $e_{в2}$, $e_{в3}$ — средняя упругость водяного пара, Па, внутреннего возду-

ха соответственно за зимний, весенне-осенний и летний расчетные периоды года; значение $e_{в1}$ для зимнего периода года определяется по расчетной температуре $t_{в1}$ и относительной влажности $\varphi_{в1}$ внутреннего воздуха за зимний период; $e_{н3}$ — средняя упругость водяного пара, Па, наружного воздуха за летний период, определяемая как среднее арифметическое из среднемесячных упругостей водяного пара наружного воздуха для месяцев со среднемесячными температурами наружного воздуха выше 5 °С в соответствии с СНиП 2.0101—82.

6.6. Среднюю упругость водяного пара $e_в$ внутреннего воздуха за годовой период эксплуатации следует определять по формуле

$$e_в = \frac{1}{12}(e_{в1} z_1 + e_{в2} z_2 + e_{в3} z_3), \qquad (36)$$

где $e_{н1}, e_{в2}, e_{в3}$ — то же, что в формулах (34); определяются с учетом указаний пп. 6.4 и 6.5 в зависимости от средней расчетной температуры $t_{в1}$ и относительной влажности $\varphi_{вi}$ внутреннего воздуха за соответствующий расчетный период по формуле

$$e_{вi} = 0{,}01 E_{вi} \varphi_{вi}, \qquad (37)$$

где $E_{вi}$ — максимальная упругость водяного пара внутреннего воздуха, Па, определяемая по прил. 8 в зависимости от соответствующей средней температуры внутреннего воздуха $t_{вi}$; $\varphi_{вi}$ — средняя относительная влажность внутреннего воздуха, %, за соответствующий расчетный период; z_1, z_2, z_3 — то же, что в формуле [36], мес.

Среднюю упругость водяного пара $e_в = e_{в0}$ за период влагонакоплений (с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха) в формуле [35] следует принимать равной средней упругости водяного пара $e_{в1}$, Па, за зимний период

$$e_в = e_{в0} = e_{в1}. \qquad (38)$$

7. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

7.1. Долговечность наружных ограждающих конструкций определяется сроком их службы с сохранением в требуемых пределах эксплуатационных качеств в данных климатических условиях при заданном режиме эксплуатации зданий.

При проектировании наружных ограждающих конструкций необходимо учитывать их долговечность, при выборе типа ограждения предпочтение следует отдавать более долговечной конструкции.

Жилые здания для северной строительно-климатической зоны следует проектировать с наружными ограждающими конструкциями с долговечностью не менее 50 лет.

7.2. Необходимую долговечность наружных стен следует обеспе-

чивать применением материалов, имеющих надлежащие прочность, морозостойкость и влагостойкость, а также соответствующими конструктивными решениями, предусматривающими, в случае необходимости, специальную защиту элементов конструкции, выполняемых из недостаточно стойких материалов.

7.3. Срок службы отдельных элементов, от которых зависит долговечность наружных ограждающих конструкций (стальные закладные и крепежные детали, связи, узлы и их сопряжения), должен быть не ниже срока службы всей конструкции.

7.4. Наружные однослойные стены должны иметь защитные слои надлежащей долговечности. Их марка по морозостойкости должна быть на 1—2 ступени выше, чем у материала стены.

7.5. Долговечность наружной ограждающей конструкции оценивается по ее сравнительному или фактическому значениям. Под долговечностью понимается продолжительность в годах первого доремонтного периода эксплуатации ремонтируемых ограждающих конструкций или их элемента, например защищенного слоя (сравнительная долговечность), или продолжительность срока службы ремонтируемой конструкции с капитальными ремонтами, а также неремонтируемой конструкции или ее неремонтируемой части, например простенка (фактическая долговечность).

Сравнительная долговечность ограждающей конструкции не должна быть ниже нормативной периодичности капитальных ремонтов, предусмотренной действующими нормативными документами.

7.6. Расчетом на долговечность наружной ограждающей конструкции здания определяется:

сравнительная или фактическая долговечность конструкции при данном конструктивном решении ограждения, выбранном материале и заданной его марке по морозостойкости;

требуемая марка по морозостойкости выбранного материала при заданном (нормативном или требуемом) сроке службы ограждающей конструкции и материале.

7.7. Долговечность θ, лет, наружной ограждающей конструкции или ее наружного защищенного слоя определяется по формуле

$$\theta = \frac{N\,(w_1 - w_p)}{\left[\left(w_э^3 - w_p\right)\sum\limits_{(i)} n_i^3\,\xi^3\left(t_i\right) + \left(w_э^п - w_p\right)\sum\limits_{(i)} n_i^п\,\xi^п\left(t_i\right)\right]}, \qquad (39)$$

где N — выдерживаемое материалом ограждения или соответственно его наружным защищенным слоем число циклов попеременного замораживания при стандартных испытаниях на морозостойкость, численно равное цифровому индексу устанавливаемой марки по морозостойкости (например, 35 циклов при F 35); $w_н$ — массовое отношение влаги в материале, соответствующее его полному водонасыщению без вакуумирования, принимаемое по табл. 18; $w_р$ — среднее равновесное массовое отношение влаги в материале, ниже которого при темпера-

Таблица 18

Материал	γ_0, кг/м³	$\omega_н$, % по массе	$t_{нз}$, °С
Цементно-песчаный раствор:			
1 : 1	2100	8,3	—2,7
1 : 2	1950	9,4	—3,5
1 : 4	1700	10,8	—1,9
Поризованный раствор	1300	35,8	—1,3
Ячеистый бетон	800	54	—1,8
Керамзитобетон	1450	10,3	—1,8
	1000	18	—2,7
Шунгизитогазобетон	1100	33	—1,6

туре —20 °С лед в нем не образуется, принимаемое по табл. 19;

$\omega_э^з$, $\omega_э^л$ — массовые отношения влаги в материале в зоне промерзания ограждения в условиях его эксплуатации на зимне-весеннем (з) и летне-осеннем (л) периодах года соответственно при расчетах на долговечность; $\xi(t_i)$ — соответствующие данному зимне-весеннему или летне-осеннему периоду года переменные коэффициенты, принимаемые по табл. 20, в зависимости от достигаемой материалом отрицательной температуры t_i в каждом отдельном случае i ее перехода через 0 °С ниже температуры начала замерзания $t_{нз}$ в нем жидкой влаги (см. табл. 18); $n_i^з$, $n_i^л$ — соответственно число таких случаев i-го достижения температуры t_i в году на этих периодах.

Таблица 19

Материал	$\omega_р$, % по массе
Ячеистый бетон	4
Шунгизитогазобетон	2,2
Керамзитобетон	1,8
Цементно-песчаный раствор	0,6

При обычно наблюдаемом нестационарном (неустановившемся) температурном поле ограждения при данной температуре (см. пример 2) наблюдается только один цикл i, поэтому

$$n_i^з = n_i^л = 1 \text{ цикл/год}.$$

Для установления числа случаев i и соответствующих им температур t_i, по которым находят коэффициенты $\xi(t_i)$, необходимо предварительное определение полных нестационарных температурных полей ограждающей конструкции на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года с учетом характеристик климатической активности района строительства, влияющих на долговечность наружных ограждений.

Таблица 20

Материал	γ_0, кг/м³	$t_{нз}$	Коэффициенты ξ (t_i) при температуре t_i, °С										
			—3	—4	—5	—6	—7	—8	—9	—10	—15	—20	—30 и более
Цементно-песчаный раствор:													
1 : 1	2100	0	0,097	0,363	0,522	0,628	0,704	0,761	0,805	0,84	0,947	1	1,004
1 : 2	1950	0	—	0,153	0,365	0,506	0,607	0,682	0,741	0,788	0,929	1	1,07
1 : 4	1700	0	0,407	0,582	0,686	0,756	0,806	0,843	0,874	0,895	0,965	1	1,035
Поризованный раствор	1300	0	0,605	0,721	0,791	0,837	0,87	0,896	0,915	0,931	0,977	1	1,023
Ячеистый бетон	800	0	0,444	0,607	0,706	0,771	0,818	0,853	0,88	0,902	0,967	1	1,033
Керамзитобетон	1000	0	0,106	0,369	0,527	0,632	0,707	0,763	0,807	0,842	0,947	1	1,052
	1450	0	0,133	0,454	0,711	0,775	0,821	0,855	0,882	0,903	0,967	1	1,032
Шунгитогазобетон	1100	0	0,522	0,663	0,747	0,803	0,843	0,873	0,897	0,916	0,972	1	1,028

7.8. При рабочем проектировании однослойных наружных ограждающих конструкций долговечность стены рекомендуется рассчитывать на ЭВМ по программе KLIMAT, приведенной в прил. 11. Долговечность наружного защитного слоя $\theta_{сл}$ при этом определяется по формуле

$$\theta_{сл} = \theta_{ст} \frac{N_{сл} (w_э - w_р)_{ст} (w_н - w_р)_{сл}}{N_{ст} (w_э - w_р)_{сл} (w_н - w_р)_{ст}}, \qquad (40)$$

где индексы «ст» и «сл» указывают на принадлежность данной величины соответственно к материалу тела стены или защитного слоя.

7.9. Долговечность наружного защитного слоя наружной ограждающей конструкции без применения ЭВМ определяется при коэффициентах $\xi(t_i)$, найденных для середины этого слоя по ее полному температурному полю по п. 7.19.

7.10. Долговечность основной части наружной ограждающей конструкции без применения ЭВМ определяется при коэффициентах $\xi(t_i)$, найденных для середины слоя устойчивого промерзания на активных периодах года, по ее полному температурному полю по пп. 7.13—7.24.

Толщина слоя устойчивого промерзания на активных периодах года устанавливается в соответствии с указаниями п. 7.20.

7.11. Массовые отношения влаги в материале $w_э^з$ и $w_э^л$ в зоне промерзания наружной ограждающей конструкции в условиях ее эксплуатации на зимне-весеннем (з) и летне-осеннем (л) периодах года при расчете ее долговечности без применения ЭВМ принимаются соответственно равными:

$$\left.\begin{aligned} w_э^{(з)} &= w_э^л + \Delta w_{ср}; \\ w_э^л &= \frac{\gamma_0^{min}}{\gamma_0} w, \end{aligned}\right\} \qquad (41)$$

где γ_0, γ_0^{min} — соответственно расчетная и минимальная плотности материала ограждения в сухом состоянии (прил. [3*]); w — соответствующее расчетное массовое отношение влаги в материале такое же, как принимаемое, исходя из условий эксплуатации при теплофизических расчетах, приведенное в этом же приложении; $\Delta w_{ср}$ — его предельно допустимое приращение, принимаемое по табл. [14*].

7.12. Долговечность наружных ограждающих конструкций южной ориентации в зависимости от интенсивности солнечной радиации и числа дней безоблачного неба в году может быть на 10—20 % ниже расчетной долговечности, найденной по формуле (39) без их учета. Поэтому для этих стен желательны меры по снижению влияния солнечной радиации (светлые отделка или окраска, экранирование и т. п.).

7.13. При определении температурного поля однослойной стены

различие в теплофизических характеристиках защитного слоя и основной части стены не учитывается. Их значения принимаются соответствующими ее основной части и расчетному массовому отношению влаги в материале по прил. [3*].

7.14. Квазистационарная составляющая температурного поля на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года однослойной наружной ограждающей конструкции общей толщиной δ, связанная с годовым ходом среднемесячных температур наружного воздуха $t_{см}$, при температуре внутреннего воздуха $t_в$ определяется по формуле

$$t(x, \tau) = \mu_1 + \mu_3 x + \mu_5 x^2 + \mu_6 x^3 + (\mu_2 + \mu_4 x)\tau, \qquad (42)$$

где x — координата точки ограждения, отсчитываемая от его наружной поверхности; τ — время, отсчитываемое от середины месяца зимне-весеннего или соответственно, летне-осеннего периодов года, предшествующего началу периодических оттепелей или соответственно заморозков на этих периодах с переходом через $t_{из}$; μ_i — постоянные коэффициенты, определяемые по формулам:

$$\left.\begin{aligned} \mu_1 &= \bar{\xi}_1 + \frac{c_1}{a}, \quad \mu_4 = -hb; \\ \mu_2 &= \frac{b}{h_н}(h_н - h); \quad \mu_5 = \frac{\mu_2}{2a}; \\ \mu_3 &= \bar{\xi}_2 + \frac{c_2}{a}; \quad \mu_6 = -\frac{hb}{6a}; \end{aligned}\right\} \qquad (43)$$

$$\left.\begin{aligned} \bar{\xi}_1 &= \frac{1}{h_н}(\bar{\xi}_2 + h_н t_{см}); \\ \bar{\xi}_2 &= h(t_в - t_{см}); \end{aligned}\right\} \qquad (44)$$

$$\left.\begin{aligned} c_1 &= \frac{c_2}{h_н}; \\ c_2 &= \frac{hb\delta}{6h_в h_н}[3(2 + h_в\delta)(h_н - h) - hh_н(3 + h_в\delta)]. \end{aligned}\right\} \qquad (45)$$

Здесь: a — коэффициент температуропроводности материала ограждения; b — темп изменения среднемесячных температур наружного воздуха на зимне-весеннем или летне-осеннем периодах года, соответственно определяемый по указаниям п. 7.21; $t_в$ — расчетная температура внутреннего воздуха;

$$h = \frac{h_в h_н}{h_в + h_н + h_в h_н \delta}. \qquad (46)$$

Здесь

$$h_в = \frac{\alpha_в}{\lambda}; \quad h_н = \frac{\alpha_н}{\lambda}, \qquad (47)$$

где $\alpha_в$ и $\alpha_н$ определяются соответственно по табл. [4*] и [6*],

7.15. Гармонические составляющие температурного поля однослойной наружной ограждающей конструкции определяются с учетом соответствующих амплитуд и периодов, назначаемых в соответствии с пп. 7.21 и 7.23.

Учитываются две составляющие, связанные:

первая — с суточными колебаниями температуры наружного воздуха со средней амплитудой A_c (см. п. 7.20) и периодом $P=24$ ч;

вторая — с устойчивыми периодическими заморозками и оттепелями со средними амплитудами $A_р$, периодами $P_р$ и числом m в году (см. п. 7.23).

7.16. Амплитуда суточных колебаний температуры в слое ограждения, отстоящем на расстоянии x от его наружной поверхности, определяется по формуле

$$A(x) = A_п \exp\left(-x\sqrt{\frac{\pi}{ap}}\right), \qquad (48)$$

где $A_п$ — амплитуда суточных колебаний температуры на наружной поверхности ограждения

$$A_п = \frac{A_0}{\sqrt{1+\frac{2}{h_н}\sqrt{\frac{\pi}{ap}}+\frac{2\pi}{aph_н^2}}}. \qquad (49)$$

В формулах (48) и (49) p — период суточных колебаний температуры, равный 24 ч; A_0 — средняя амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха, принимаемая по п. 7.21.

7.17. Амплитуды колебаний температуры в слое ограждения, отстоящем на расстоянии x от его наружной поверхности, связанные с устойчивыми периодическими заморозками и оттепелями с периодом $P_р$ (см. п. 7.23), находят по формуле

$$A(x) = \frac{hA_р}{h_в}\left[1+h_в(\delta-x)\right], \qquad (50)$$

где $A_р$ — средняя расчетная амплитуда этих заморозков и оттепелей на данном зимне-весеннем или летне-осеннем периодах года, определяемая в соответствии с п. 7.23; δ — толщина ограждения.

7.18. Полное температурное поле однослойной наружной ограждающей конструкции находится наложением на его составляющую двух гармонических колебаний (см. п. 7.15) с амплитудами и периодами, назначаемыми в соответствии с п. 7.16, 7.17, 7.20, 7.23.

7.19. Глубину устойчивого промерзания однослойного ограждения на активном периоде года находим из уравнения (42) при $t(x\tau)=0$. Она определяется дважды: для начала зимне-весеннего и конца летне-осеннего периодов и находится как среднеарифметическое из этих двух ее значений.

7.20. Для расчета нестационарных температурных полей наружных ограждающих конструкций на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года, с учетом которых производится прогнозирование их долговечности, необходимы следующие климатологические параметры наружного воздуха:

среднемесячные температуры $t_{см}$ по месяцам года;

средние амплитуды A_c суточных колебаний температуры по месяцам года с периодом $P=24$ ч;

среднесуточные температуры $t_{сс}$ по дням месяцев года;

темп b изменения среднемесячных температур $t_{см}$ в их годовом ходе на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года;

средние расчетные полупериоды $P_р$ устойчивых периодических заморозков и оттепелей по отношению к годовому ходу среднемесячных температур $t_{см}$ на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года;

средние расчетные амплитуды $A_р$ этих заморозков и оттепелей с полупериодом $P_р$ на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года;

среднее расчетное число $m_р$ указанных заморозков и оттепелей в году на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года;

средняя календарная дата начала устойчивых периодических оттепелей по отношению к годовому ходу среднемесячных температур $t_{см}$ на зимне-весеннем периоде года;

средняя календарная дата начала устойчивых периодических заморозков по отношению к годовому ходу среднемесячных температур $t_{см}$ на летне-осеннем периоде года.

Указанные характеристики определяются по СНиП 2.01.01—82, а отсутствующие там величины по пп. 7.21—7.23.

Примечания: 1. Зимне-весенним и летне-осенним периодами года называются его активные периоды в указанное время, на которых возможны периодические оттепели и заморозки с переходами температуры наружного воздуха через 0 °С. 2. В прил. 2 СНиП 2.01.01—82 указаны удвоенные значения A_c.

7.21. Темп b изменения среднемесячных температур $t_{см}$ наружного воздуха на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года определяется по графику их годового хода на участках, где эти температуры изменяются практически линейно.

7.22. Среднесуточные температуры $t_{сс}$ наружного воздуха определяются по наблюдениям за год по метеорологическим ежемесячникам.

7.23. Средние расчетные амплитуды $A_р$, средние расчетные периоды $P_р$, среднее число в году $m_р$ и календарные даты начала устойчивых периодических оттепелей и заморозков на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах года определяются как средние арифметические за последние пять лет по графикам годового хода среднеме-

сячных температур. При этом учитываются только периодические оттепели и периодические заморозки с переходом за $t_{пз}$.

Для некоторых городов северной строительно-климатической зоны средние расчетные характеристики климатической активности, связанные с устойчивыми периодическими заморозками и оттепелями, и календарные даты начала последних приведены в табл. 21.

Таблица 21

Город	Зимне-весенний период						
	Оттепели				Заморозки		
	начало	$P_р$, сут	$A_р$, °С	$m_р$, цикл/год	$P_р$, сут	$A_р$, °С	$m_р$, цикл/год
Воркута	30.04	1,9	3,8	4	4,7	4,1	7
Магадан	02.05	2	2,1	3	4,7	2,2	3
Надым	16.04	3,6	5,2	4	5,7	6,1	6
Новый Уренгой	20.04	3,3	2,7	3	5,7	7	6
Норильск	27.04	1,6	3,7	1	10,8	10,5	3
Сургут	04.04	5,8	5,7	5	3,4	4	6
Тында	09.04	3,5	3,6	3	5,2	3,8	3
Якутск	16.04	4,6	4,6	2	6,1	4,4	2

Продолжение табл.

Город	Летне-осенний период						
	Заморозки				Оттепели		
	начало	$P_р$, сут	$A_р$, °С	$m_р$, цикл/год	$P_р$, сут	$A_р$, °С	$m_р$, цикл/год
Воркута	29.09	4,8	3,2	3	3,3	3,1	2
Магадан	08.10	4,9	4,4	1	4,7	2,9	1
Надым	29.09	3,7	3	3	3,4	3,8	2
Новый Уренгой	28.09	3,9	2,8	3	2,5	3,2	2
Норильск	28.09	4	4,1	1	1,6	2,5	1
Сургут	03.10	6,1	7,5	4	2,4	3,5	5
Тында	01.10	3,4	3,6	2	2,9	3,4	2
Якутск	25.10	2,7	1,8	2	5,7	5,2	2

Пример 1. Определить характеристики климатической активности района строительства г. Норильска.

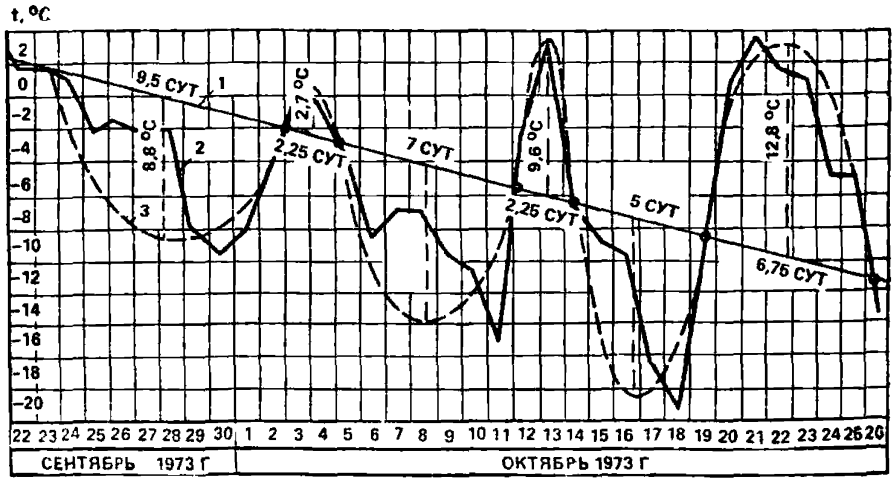


Рис. 15. Годовой ход температур на летне-осеннем периоде 1973 г, в. г. Норильске

1 — среднемесячных; *2* — среднесуточных; *3* — апроксимация годового хода полусинусоидами

А. Исходные данные

Ввиду отсутствия данных полных многолетних метеорологических наблюдений в г. Норильске воспользуемся данными ближайшей метеорологической станции (табл. 22). По наблюдениям этой стан-

Таблица 22

Месяц	Параметры наружного воздуха, °С	
	среднемесячные температуры, $t_{см}$	средние суточные амплитуды $A_с$
I	—27,6	4,1
II	—25,2	3,7
III	—21,4	4,35
IV	—14	4,75
V	— 5,2	3,75
VI	5,9	4,1
VII	13,4	4,65
VIII	10,4	4,05
IX	3,6	3,05
X	— 8,8	3,15
XI	—21,8	3,9
XII	—25,6	4

ции найдены среднесуточные температуры по дням за 1973—1976 гг, для летне-осеннего (сентябрь — ноябрь) и зимне-весеннего (апрель—май) периодов года. Пример соответствующего графика годового хода этих температур за 1973 г, на летне-осеннем периоде этого го-

да показан на рис. 15. Там же нанесена кривая годового хода среднемесячных температур (см. табл. 22) на указанном периоде года и на нем выделены границы участка, где наблюдаются периодические изменения среднесуточных температур с переходами через 0°С, за пределами которого температура наружного воздуха уже скачкообразно, но устойчиво повышается или понижается без переходов через 0 °С. В границах этого участка определены полупериоды и амплитуды соответствующих переходов (заморозков и оттепелей) через кривую годового хода среднемесячных температур. Таким же образом для каждого из рассматриваемых годов были найдены полупериоды оттепелей и заморозков, их амплитуды и их количества в году на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах (табл. 23 и 24).

Б. Порядок расчета

По табл. 23 найдем, что на зимне-весеннем периоде года средняя амплитуда оттепелей

$$A_о = \frac{82,4}{8} = 10,3\ °C;$$

средняя амплитуда заморозков

$$A_з = \frac{103,2}{12} = 8,6\ °C;$$

средний полупериод оттепелей

$$\frac{P_о}{2} = \frac{50,4}{8} = 6,3\ \text{сут};$$

средний полупериод заморозков

$$\frac{P_з}{2} = \frac{124,8}{12} = 10,4\ \text{сут}.$$

Таким образом на зимне-весеннем периоде — средняя расчетная амплитуда заморозков и оттепелей

$$A_р = \frac{10,3 + 8,6}{2} = 9,5\ °C;$$

средний расчетный период оттепелей и заморозков

$$P_р = 6,3 + 10,4 = 16,7\ \text{сут};$$

среднее расчетное число заморозков и оттепелей в год

$$m_р = \frac{18 + 12}{2 \cdot 5} = 2\ \text{цикл/год}.$$

Аналогичным образом найдем, что на летне-осеннем периоде года средняя амплитуда оттепелей

$$A_о = \frac{38,5}{5} = 7,7\ °C;$$

Таблица 23

Год	Характеристики климатической активности	Летне-осенний период						Зимне-весенний период				
		Оттепели			Заморозки			Оттепели		Заморозки		
1973	Амплитуда, °С	2,7	9,6	12,8	8,8	9,8	11,2	5,6		14,5	7,2	11,5
	Полупериод, сут	2,25	2,25	6,75	9,5	7	5	2,6		8,75	8,75	13
1974	Амплитуда, °С		5,6			6		9,6		9,6	6,2	5,4
	Полупериод, сут		6			10,5		11		14	12,5	11,5
1975	Амплитуда, °С		—			—		15	11,6	7,8	11	
	Полупериод, сут		—			—		6	5	7	18	
1976	Амплитуда, °С		—			—		12,8	8	6,2	7	
	Полупериод, сут		—			—		8	5	4	16,5	
1977	Амплитуда, °С		7,8			8,7		10,2	9,6	8,9	7,9	
	Полупериод, сут		4,3			8		5,9	6,9	5	5,8	
Сумма	амплитуд, °С		38,5			44,5			82,4		103,2	
	полупериодов, сут		21,55			40			50,4		124,8	

Таблица 24

Год	Зимне-весенний период		
	Количество *m*		Начало оттепелей
	оттепелей	заморозков	
1973	1	3	5 мая
1974	1	3	27 апреля
1975	2	2	14 »
1976	2	2	19 »
1977	2	2	25 »
Итого за 5 лет			
	8	12	25 апреля

Продолжение табл. 24

Год	Летне-осенний период		
	Количество *m*		Начало заморозков
	оттепелей	заморозков	
1973	3	3	23 сентября
1974	1	1	19 »
1975	—	—	—
1976	—	—	—
1977	1	1	18 сентября
Итого за 5 лет			
	5	5	20 сентября

средняя амплитуда заморозков

$$A_з = \frac{44,5}{5} = 8,9\ ^\circ\text{C};$$

средний полупериод оттепелей

$$\frac{P_о}{2} = \frac{21,5}{5}\ 4,3 \text{ сут};$$

средний полупериод заморозков

$$\frac{P_з}{2} = \frac{40}{5} = 8 \text{ сут}.$$

Таким образом на летне-осеннем периоде средняя расчетная ам-

плитуда заморозков и оттепелей

$$A_р = \frac{7,7 + 8,9}{2} = 8,3\ °C;$$

средний расчетный период оттепелей и заморозков

$$P_р = 4,3 + 8 = 12,3\ сут;$$

среднее расчетное число заморозков и оттепелей в год

$$m_р = \frac{5}{5} = 1\ цикл/год.$$

На рис. 16 по данным табл. 22 построена кривая годового хода среднемесячных температур и по ней приближенно выделены зимне-весенний (май — июнь) и летне-осенний (сентябрь — октябрь) периоды года, на которых возможны переходы температуры наружного воздуха через 0 °С. Для них определены темпы изменения среднемесячных температур, как тангенсы угла наклона соответствующих линейных участков указанной кривой к осям времени τ с началом его отсчета в предшествующем этим периодам месяце. Эти темпы оказались равными на зимне-весеннем периоде $b = 0,0131$ °С/ч; на летне-осеннем периоде $b = -0,0166$ °С/ч.

Таким образом все характеристики климатической активности района строительства $t_{см}$, $t_{сс}$, b, $A_с$, $A_р$, $P_р$, $m_р$ и начала оттепелей и заморозков определены.

Пример 2. Оценить долговечность защитного слоя однослойной наружной стены

А. Исходные данные

Стена жилого дома толщиной $\delta = 0,4$ м из керамзитобетона с $\gamma_о = 1000$ кг/м³ с F 35 на пористом песке с защитным слоем толщиной $\delta_р = 0,03$ м из цементно-песчаного раствора состава 1 : 2 с $\gamma_о = 1950$ кг/м³ и F 50.

Район строительства г. Норильск. Условия эксплуатации Б (см. прил. [1*] и [2*]).

Б. Порядок расчета

Находим $w = 0,1$; $\lambda_0 = 0,27$ Вт/(м·°С); $C_0 = 0,84$ кДж/(кг·°С); $\lambda = 0,41$ Вт/(м·°С) (прил. [3*]) $\Delta\omega_{ср} = 0,05$ (табл. [14*]) с переводом процентов в доли, единицы; $\alpha_в = 23$ Вт/(м²·°С) (табл. [6*]) $\alpha_в = 8,7$ Вт/(м²·°С), табл. [4*]); $t_в = 18$ °С (ГОСТ 12.1.005—88); $t_{см}$ и $A_с$ — по табл. 22.

Далее находим

$$a(w) = \frac{\lambda(w)}{\gamma_0 C_0 \left(1 + \frac{C_ж}{C_0} w\right)} = \frac{0,41}{1000 \cdot 0,84 \cdot 0,278 \left(1 + \frac{4,19}{0,84} 0,1\right)} =$$

$$= 1,171 \cdot 10^{-3}\ м^2/ч,$$

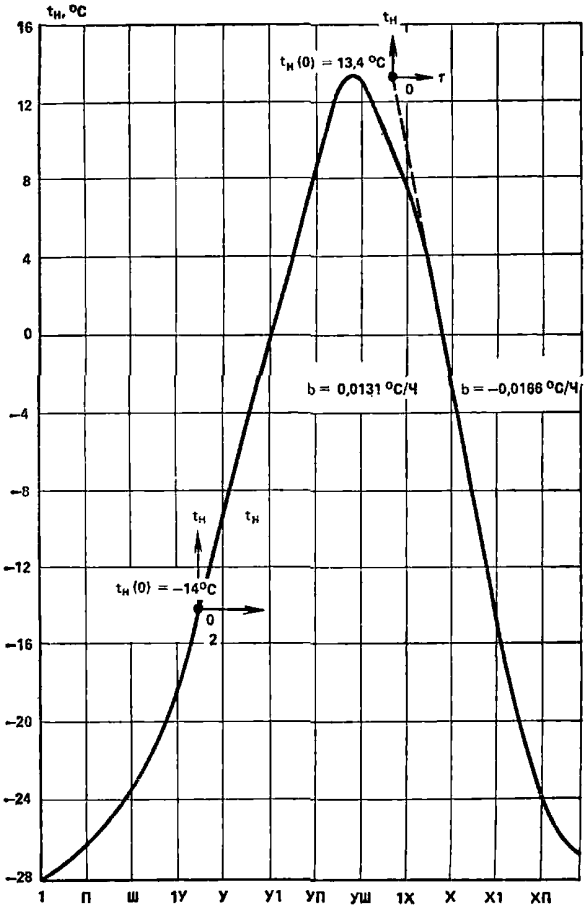


Рис. 16. Годовой ход среднемесячных температур в г. Норильске

где коэффициент 0,278 принят для перевода кДж в Вт·ч.

$$\left.\begin{aligned} h_в &= \frac{8,7}{0,41} = 21,219 \text{ м}^{-1}; \\ h_н &= \frac{23}{0,41} = 56,097 \text{ м}^{-1}; \end{aligned}\right\} \text{ по формуле (47);}$$

$$h = \frac{21,219 \cdot 56,07}{21,219 + 56,097 + 21,219 \cdot 56,097 \cdot 0,4} = 2,151 \text{ м}^{-1} \text{ по формуле (46)}$$

Определяем квазистационарное температурное поле стены (п. 7.14) на зимне-весеннем периоде года при $t_{см} = -14\,^{\circ}C$ для апреля (табл. 22 и рис. 16) и $b = 0{,}0131\,^{\circ}C/ч$ (пример 7.1).

$$\left.\begin{aligned} \bar{\xi}_2 &= 2{,}151\,[18 - (-14)] = 68{,}832\,^{\circ}C/м; \\ \bar{\xi}_1 &= \frac{1}{56{,}097}(68{,}832 - 56{,}097 \cdot 14) = -12{,}773\,^{\circ}C \end{aligned}\right\} \text{по формулам (44).}$$

$$\left.\begin{aligned} c_2 &= \frac{0{,}0131 \cdot 2{,}151 \cdot 0{,}4}{6 \cdot 21{,}219 \cdot 56{,}097}\,[3\,(2 + 21{,}219 \cdot 0{,}4)\,(56{,}097 - 2{,}151) - \\ &\quad - 2{,}151 \cdot 56{,}097 \cdot 04\,(3 + 21{,}219 \cdot 04)] = -0{,}0018\,^{\circ}C \cdot м/ч; \\ c_1 &= \frac{-0{,}0018}{56{,}097} = -3{,}209 \cdot 10^{-5}\,^{\circ}C \cdot м^2/ч \end{aligned}\right\} \text{по формулам (45)}$$

Далее находим

$$\left.\begin{aligned} \mu_1 &= -12{,}773 - \frac{3{,}209 \cdot 10^{-5}}{1{,}171 \cdot 10^{-3}} = -12{,}800\,^{\circ}C; \\ \mu_2 &= \frac{0{,}0131}{56{,}097}(56{,}097 - 2{,}151) = 0{,}0126\,^{\circ}C/ч; \\ \mu_3 &= 68{,}832 - \frac{0{,}0018}{1{,}171 \cdot 10^{-3}} = 67{,}295\,^{\circ}C/м; \\ \mu_4 &= -2{,}151 \cdot 0{,}0131 = -0{,}0282\,^{\circ}C/(м \cdot ч); \\ \mu_5 &= \frac{0{,}0126}{2 \cdot 1{,}171 \cdot 10^{-3}} = 5{,}380\,^{\circ}C/м^2; \\ \mu_6 &= -\frac{2{,}151 \cdot 0{,}0131}{6 \cdot 1{,}171 \cdot 10^{-3}} = -4{,}014\,^{\circ}C/м^3. \end{aligned}\right\} \text{по формулам (43)}$$

Для средней плоскости защитного слоя ($x = 0{,}015$ м) по п. 7.9

$$\mu_1 + \mu_3 x + \mu_5 x^2 + \mu_6 x^3 = -12{,}80 + 67{,}295 \cdot 0{,}015 + 5{,}380 \cdot 0{,}015^2 - \\ - 4{,}014 \cdot 0{,}015^3 = -11{,}790\,^{\circ}C;$$

$$\mu_2 + \mu_4 x = 0{,}0126 - 0{,}0282 \cdot 0{,}015 = 0{,}0122\,^{\circ}C/ч.$$

Таким образом для этой плоскости по формуле (42)

$$t\,(0{,}015;\,\tau) = -11{,}790 + 0{,}0122\,\tau,\ ^{\circ}C.$$

Амплитуду A_c суточных колебаний температуры наружного воздуха найдем как среднюю для V и VI месяца (табл. 22)

$$A_c = \frac{3{,}75 + 4{,}1}{2} = 3{,}9\,^{\circ}C$$

и для них по п. 7.15 величина $P = 24$ ч.

При этом амплитуда суточных температурных колебаний A_n на

наружной поверхности стены по формуле (49) равна

$$A_{\text{п}} = 3{,}9 \Big/ \sqrt{1 + \frac{2}{h_{\text{н}}} \sqrt{\frac{\pi}{ap} + \frac{2\pi}{aph_{\text{н}}^2}}} =$$

$$= 3{,}9 \Big/ \sqrt{1 + \frac{2}{56{,}097} \sqrt{\frac{\pi}{1{,}171 \cdot 10^{-3} \cdot 24}} + \ldots \rightarrow} \ldots \rightarrow$$

$$+ \frac{2\pi}{56{,}097^2 \cdot 1{,}171 \cdot 10^{-3} \cdot 24}} = 3{,}9/1{,}203 = 3{,}2\ ^\circ\text{C},$$

а в слое $x =$ $= 0{,}015$ м по формуле (48)

$$A(0{,}015) = 3{,}2 \exp\left(-0{,}015 \sqrt{\frac{\pi}{1{,}171 \cdot 10^{-3} \cdot 24}}\right) = 2{,}7\ ^\circ\text{C}.$$

Амплитуда же колебаний температуры этого слоя на указанном периоде, связанная с периодическими устойчивыми оттепелями и заморозками (формула (50)

$$A(0{,}015) = \frac{2{,}151 \cdot 9{,}5}{21{,}219} [1 + 21{,}219\,(0{,}4 - 0{,}015)] = 8{,}8\ ^\circ\text{C}.$$

Для двух выбранных точек $\tau = 30$ сут и $\tau = 50$ сут интервала времени, где возможны переходы температуры стены в точке $x =$ $= 0{,}015$ м через 0 °С по формуле (42) найдем

для $\tau = 30$ сут $t\,(0{,}015;\ 30) = -11{,}790 + 0{,}0122\,(30 \cdot 24) = -3\ ^\circ\text{C}$;

для $\tau = 50$ сут $t\,(0{,}015;\ 50) = -11{,}790 + 0{,}0122\,(50 \cdot 24) = 2{,}9\ ^\circ\text{C}$.

На рис. 17 с учетом этого для средней плоскости защитного слоя $x = 0{,}015$ м построен линейный график квазистационарного изменения $t\,(0{,}015;\ \tau)$ во времени на зимне-весеннем периоде года и на него с учетом п. 7.15 наложены два гармонических колебания температуры этой плоскости с найденными амплитудами $A\,(0{,}015) =$ $= 2{,}7$ °С и периодом $p = 24$ ч и $A\,(0{,}015) = 8{,}8$ °С и периодом 16,7 сут.

Теперь определим квазистационарное температурное поле стены на летне-осеннем периоде года при $t_{\text{см}} = 13{,}4$ °С для августа (см. табл. 22) и $b = -0{,}0166$ °С/ч (пример 7.1).

$$\bar{\xi}_2 = 2{,}151\,(18 - 13{,}4) = 9{,}895\ ^\circ\text{C/ч} \text{ и } \bar{\xi}_1 = \frac{1}{56{,}097}(9{,}89 +$$

$$+ 56{,}097)\,13{,}4 = 13{,}576\ ^\circ\text{C}$$ (формулы (44)).

$$C_2 = \frac{-0{,}0166 \cdot 2{,}151 \cdot 0{,}4}{6 \cdot 21{,}219 \cdot 56{,}097} [3\,(2 + 21{,}219 \cdot 0{,}4)\,(56{,}097 - 2{,}151) -$$

$$- 2{,}151 \cdot 56{,}097 \cdot 0{,}4\,(3 + 21{,}219 \cdot 0{,}4)] = 0{,}00229\ ^\circ\text{C м/ч и}$$

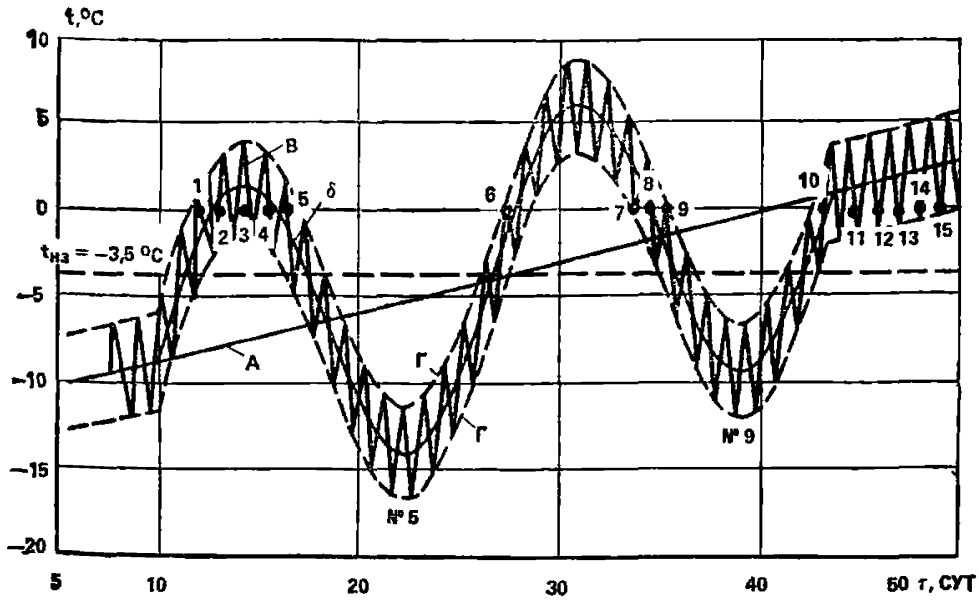


Рис. 17. Изменение температуры середины защитного слоя в зимне-весенний период

а — квазистационарное; *б* — гармоническое, связанное с устойчивыми заморозками и оттепелями; *в* — то же, связанное с суточными колебаниями температуры; *г* — их огибающие; *1—15* — переходы через 0 °С, № 5 и № 9 — минимальное значение *t* после перехода через 0 °С (ниже $f_{нз}$)

$$C_1 = \frac{0{,}00229}{56{,}097} = 4{,}082 \cdot 10^{-5}\ °C \cdot м/ч \text{ формулы (45).}$$

Далее находим

$$\left.\begin{aligned}
\mu_1 &= 13{,}576 + \frac{4{,}082 \cdot 10^{-5}}{1{,}171 \cdot 10^{-3}} = 13{,}611\ °C;\\
\mu_2 &= \frac{-0{,}0166}{56{,}097}(56{,}097 - 2{,}151) = -0{,}0160\ °C/ч;\\
\mu_3 &= 9{,}895 + \frac{2{,}29 \cdot 10^{-3}}{1{,}171 \cdot 10^{-3}} = 11{,}850\ °C/м;\\
\mu_4 &= 2{,}151 \cdot 0{,}0166 = 0{,}0357\ °C/(м \cdot ч),\\
\mu_5 &= \frac{-16 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1{,}171 \cdot 10^{-3}} = -6{,}832\ °C/м^2,\\
\mu_6 &= \frac{2{,}151 \cdot 0{,}0166}{6 \cdot 1{,}171 \cdot 10^{-3}} = 5{,}081\ °C/м^3.
\end{aligned}\right\} \text{ формулы (43)}$$

Для средней плоскости защитного слоя (x=0,015 м) по п. 7.9

$$\mu_1 + \mu_3 x + \mu_5 x^2 + \mu_6 x^3 = 13{,}611 + 11{,}850 \cdot 0{,}015 - 6{,}832 \cdot 0{,}015^2 + 5{,}081 \cdot 0{,}015^3 = 13{,}787\ °C;$$

$$\mu_2 + \mu_4 x = -0{,}0160 + 0{,}0357 \cdot \cdot 0{,}015 = -0{,}0155\ °C/ч.$$

Таким образом $t(0{,}015;\ \tau) = 13{,}787 - 0{,}0155 \cdot \tau$, °С.

Суточные колебания температуры наружного воздуха на летне-осеннем периоде года (IX месяц) имеют амплитуду $A_c = 3{,}1$ °С (табл. 22) и для них (п. 7.15) $P = 24$ ч. Поэтому амплитуда суточных колебаний на наружной поверхности стены (формула 49) на летне-осеннем периоде года будет равна:

$$A_п = \frac{3{,}1}{1{,}203} = 2{,}6\ °С,$$

а в слое $x = 0{,}015$ м (формула (48)

$$A(0{,}015) = 2{,}6 \exp\left(-0{,}015 \sqrt{\frac{\pi}{1{,}171 \cdot 10^{-3} \cdot 24}}\right) = 2{,}2\ °С.$$

Амплитуда же колебаний температуры этого слоя на указанном периоде года, связанная с устойчивыми заморозками и оттепелями (формула (50)),

$$A(0{,}015) = \frac{2{,}151 \cdot 8{,}3}{21{,}219}\left[1 + 21{,}219\,(0{,}4 - 0{,}015)\right] = 7{,}7\ °С.$$

Возможный интервал времени, где могут быть переходы температуры стены в точке $x = 0{,}015$ м через 0 °С равен 25—45 сут (рис. 18). Для его границ (формула (42) для $\tau = 25$ сут $t(0{,}015;\ 25) = 13{,}787 - 0{,}0155 \cdot 25 \cdot 24 = 4{,}5$ °С, а для $\tau = 45$ сут $t(0{,}015;\ 45) = 13{,}787 - 0{,}0155 \cdot 45 \cdot 24 = -2{,}9$ °С.

На рис. 18 с учетом этого построен линейный график квазистационарного изменения $t\ (0{,}015;\ \tau)$ во времени в интервале 25—50 сут на летне-осеннем периоде года и на него наложены два гармонических колебания температуры этого слоя с найденными амплитудами $A\ (0{,}015) = 2{,}2$ °С и периодом $P = 24$ ч и $A\ (0{,}015) = 7{,}7$ °С и периодом $P = 12{,}3$ сут.

Из рис. 17 и 18 следует, что на зимне-весеннем периоде года в защитном слое будет 15 переходов через 0 °С, из них два (№ 5 до —16,6 °С и № 9 до —11,8 °С) за $t_{нз} = -3{,}5$ °С (табл. 18), а на летне-осеннем периоде — три перехода через 0 °С и из них два (№ 1 до —8,2 °С и № 3 до —4,4 °С) через $t_{нз}$. Для указанных переходов за $t_{нз}$ определяем температуры переходов и им соответствующие коэффициенты $\xi\ (t_i)$ (табл. 20):

зимне-весенний период

$$t_5 = -16{,}6\ °С; \quad \xi(t_5) = 0{,}952;$$
$$t_9 = -11{,}8\ °С; \quad \xi(t_9) = 0{,}839$$
$$\sum_i \xi(t_i) = 1{,}791$$

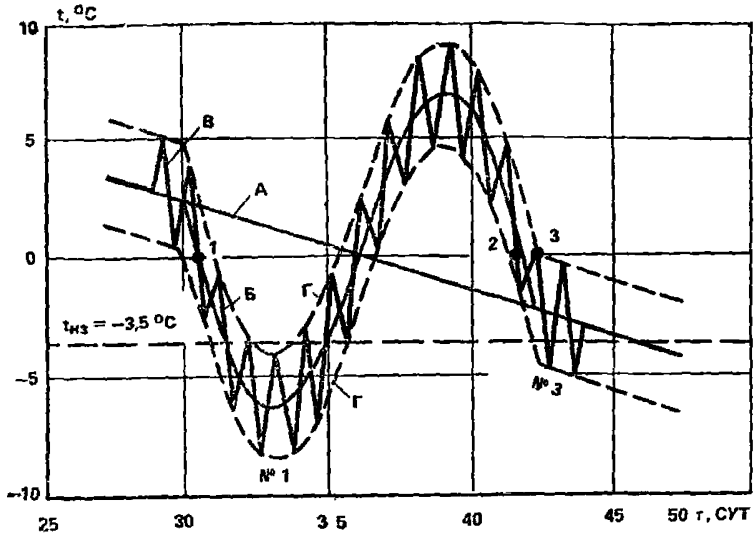


Рис. 18. Изменение температуры середины защитного слоя в летне-осенний период:

а — квазистационарный; *б* — гармоническое связанное с устойчивыми заморозками и оттепелями; *в* — то же, связанное с суточными колебаниями температуры; *г* — их огибающие; *1—3* — переходы через 0 °С; № 1 и № 3 — минимальные значения *t* после перехода через 0 °С (ниже $t_{из}$)

летне-осенний период

$$t_1 = -8{,}2\ ^\circ\text{C}; \quad \xi(t_1) = 0{,}694;$$
$$t_3 = -4{,}4\ ^\circ\text{C}; \quad \xi(t_3) = 0{,}238$$
$$\sum_{(i)} \xi(t_i) = 0{,}932$$

Для материала защитного слоя (цементно-песчаный раствор) будем иметь $w_н = 0{,}094$ (табл. 18); $w_ф = 0{,}006$ (табл. 19); $w = 0{,}04$ и $\gamma_U^{min} = 1800$ кг/м³ (прил. [3*]: $\Delta w_{ср} = 0{,}035$ (табл. [14*]: среднее для легкого и тяжелого бетонов).

Отсюда (формулы (41)

$$w_э^л = \frac{1800}{1935}\, 0{,}04 = 0{,}037;$$

$$w_э^з = 0{,}037 + 0{,}035 = 0{,}072.$$

При этом долговечность защитного слоя по формуле (39) будет равна:

$$\theta = \frac{50\,(0{,}094 - 0{,}006)}{[(0{,}072 - 0{,}006)\,1{,}791 + (0{,}037 - 0{,}006)\,0{,}932]} = 30 \text{ лет}.$$

Таким образом, для обеспечения нормативного срока службы за-

щитного слоя, равного 50 г (см. пп. 7.1—7.5) понадобится либо один капитальный ремонт, либо повышение его марки по морозостойкости до *F*75. В этом случае долговечность защитного слоя

$$\theta = 30\,\frac{75}{50} = 45 \text{ лет}$$

и будет уже близка к нормативной.

Пример 3. Оценить долговечность всей однослойной стены

А. Исходные данные

Условия примера 2.

Б. Порядок расчета

Квазистационарное распределение температуры в стене с учетом формулы (42) и коэффициентов, найденных в примере 2, будет равно:

на зимне-весеннем периоде

$$t(x, \tau) = -12{,}800 + 67{,}295x + 5{,}380x^2 - 4{,}014x^3 + \\ + (0{,}0126 - 0{,}0282x)\,\tau, \text{ °C};$$

на летне-осеннем периоде

$$t(x, \tau) = 13{,}611 + 11{,}85x - 6{,}832x^2 + 5{,}081x^3 + \\ + (0{,}0357x - 0{,}0160)\,\tau, \text{ °C},$$

Пользуясь указаниями п. 7.26 для отыскания глубины промерзания стены на середине зимне-весеннего периода при $\tau = 30$ сут будем иметь уравнение $4{,}014x^3 - 5{,}38x^2 - 46{,}991x + 3{,}728 = 0$.

Решая уравнение, найдем глубину промерзания стены равной $x = 7{,}78$ см.

Из них на защитный слой приходится 3 см и на тело стены 4,78 см. Таким образом, придется оценить долговечность стены для слоя

$$x = 3 + \frac{4{,}78}{2} = 5{,}39 \text{ см} \approx 5 \text{ см}.$$

При этом на зимне-весеннем периоде для него

$$\mu_1 + \mu_3 x + \mu_5 x^2 + \mu_6 x^3 = -12{,}800 + 67{,}295 \cdot 0{,}05 + 5{,}380 \cdot 0{,}05^2 - \\ - 4{,}014 \cdot 0{,}05^3 = -9{,}442 \text{ °C};$$

$$\mu_2 + \mu_4 x = 0{,}0126 - 0{,}0282 \cdot 0{,}05 = 0{,}0112 \text{ °C/ч}.$$

Таким образом: $t(0{,}05;\ \tau) = -9{,}422 + 0{,}0112\tau$ °C;
на летне-осеннем периоде

$$\mu_1 + \mu_3 x + \mu_5 x^2 + \mu_6 x^3 = 13{,}611 + 11{,}850 \cdot 0{,}05 - 6{,}832 \cdot 0{,}05^2 + \\ + 5{,}081 \cdot 0{,}05^3 = 14{,}187 \text{ °C};$$

$$\mu_2 + \mu_4 x = -0{,}0160 + 0{,}0357 \cdot 0{,}05 = -0{,}0142 \text{ °C/ч}.$$

Таким образом $t(0{,}05;\ \tau) = 14{,}187 - 0{,}0142 \cdot \tau$, °С.

Амплитуда суточных колебаний температуры в слое $x = 0{,}05$ м (формула (48)):

на зимне-весеннем периоде

$$A(0{,}05) = 3{,}2 \exp\left(-0{,}05 \sqrt{\frac{\pi}{1{,}171 \cdot 10^{-3} \cdot 24}}\right) = 1{,}9\ °С;$$

на летне-осеннем периоде

$$A(0{,}05) = 2{,}6 \exp\left(-0{,}05 \sqrt{\frac{\pi}{1{,}171 \cdot 10^{-3} \cdot 24}}\right) = 1{,}5\ °С.$$

Теперь по формуле (50) найдем расчетные амплитуды колебаний температуры в рассматриваемом слое стены, связанные с периодическими устойчивыми заморозками и оттепелями (пример 1):

на летне-весеннем периоде

$$A(0{,}05) = \frac{2{,}151 \cdot 9{,}5}{21{,}219}\left[1 + 21{,}219\,(0{,}4 - 0{,}05)\right] = 8{,}1\ °С;$$

на летне-осеннем периоде

$$A(0{,}05) = \frac{2{,}151 \cdot 8{,}3}{21{,}219}\left[1 + 21{,}219\,(0{,}4 - 0{,}05)\right] = 7{,}1\ °С.$$

По аналогии с предыдущим найдем квазистационарные температуры в расчетном слое стены на границах интервалов времени, где происходят переходы его температуры через 0 °С:

для зимне-весеннего периода

$$t(0{,}05;\ 5) = -9{,}422 + 0{,}0112 \cdot 5{,}24 = 8{,}1\ °С;$$
$$t(0{,}05;\ 45) = -9.422 + 0{,}0112 \cdot 45 \cdot 24 = 2{,}7\ °С;$$

для летне-осеннего периода

$$t(0{,}05;\ 30) = 14{,}187 - 0{,}0142 \cdot 30 \cdot 24 = 4\ °С;$$
$$t(0{,}05;\ 50) = 14{,}187 - 0{,}0142 \cdot 50 \cdot 24 = -2{,}8\ °С.$$

По аналогии с примером 2 для рассматриваемых периодов и интервалов времени, построив графики изменения температуры зоны промерзания стены, подобные изображенным на рис. 17 и 18, найдем, что на зимне-весеннем периоде в стене будет шесть переходов через 0 °С и из них два (№ 4 до —13,4 °С и № 6 до —8,8 °С) за $t_{нз} = -2{,}7$ °С (см. табл. 18), а на летне-осеннем периоде — шесть переходов через 0 °С и из них два (№ 1 до —5,6 °С и № 6 до —3,0 °С) за $t_{нз}$.

Теперь для указанных периодов определяем температуры переходов за $t_{нз}$ и коэффициенты $\xi(t_i)$ (см. табл. 20):

на зимне-весенний период

$$t_4 = -13{,}4\,^{\circ}\text{C}; \quad \xi(t_4) = 0{,}913;$$
$$t_6 = -8{,}8\,^{\circ}\text{C}; \quad \xi(t_6) = 0{,}748$$
$$\sum_t \xi(t_t) = 1{,}711$$

на летне-осенний период

$$t_1 = -5{,}6\,^{\circ}\text{C}; \quad \xi(t_1) = 0{,}59;$$
$$t_6 = -3\,^{\circ}\text{C}; \quad \xi(t_6) = 0{,}106$$
$$\sum_t \xi(t_t) = 0{,}696$$

Для материала стены (керамзитобетон) будем иметь $w_н = 0{,}18$ (см. табл. 18); $w_р = 0{,}018$ (табл. 19); $w = 0{,}1$ $\gamma_0^{min} = 500$ кг/м³ (прил. [3*]); $\Delta w_{ср} = 0{,}05$ (табл. [14*]).

Поэтому по формуле (41):

$$w_э^л = \frac{500 \cdot 0{,}1}{1000} = 0{,}05; \quad w_э^з = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1.$$

Теперь по формуле (39) находим долговечность стены:

$$\theta = \frac{35\,(0{,}18 - 0{,}018)}{[0{,}1 - 0{,}018)\,1{,}711 + (0{,}05 - 0{,}018)\,0{,}696]} = 36 \text{ лет}.$$

Чтобы повысить долговечность стены до 50 лет, можно повысить марку морозостойкости керамзитобетона до $F = 50$. Тогда мы будем иметь ее долговечность, равной $\theta = 36 \cdot 50/35 = 51$ г.

ТЕМПЕРАТУРА ТОЧКИ РОСЫ $t_р$, °С, ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУР $t_в$ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ $\varphi_в$, %, ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

$t_в$, °С	$\varphi_в$, %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
—5	—15,3	—14,04	—12,9	—11,84	—10,83	—9,96	—9,11	—8,31	—7,62	—6,89	—6,24	—5,6
—4	—14,4	—13,1	—11,93	—10,84	—9,89	—8,99	—8,11	—7,34	—6,62	—5,89	—5,24	—4,6
—3	—13,42	—12,16	—10,98	—9,91	—8,95	—7,99	—7,16	—6,37	—5,62	—4,9	—4,24	—3,6
—2	—12,58	—11,22	—10,04	—8,98	—7,95	—7,04	—6,21	—5,4	—4,62	—3,9	—3,34	—2,6
—1	—11,61	—10,28	—9,1	—7,98	—7	—6,09	—5,21	—4,43	—3,66	—2,94	—2,34	—1,6
0	—10,65	—9,34	—8,16	—7,05	—6,06	—5,14	—4,26	—3,46	—2,7	—1,96	—1,34	—0,62
1	—9,85	—8,52	—7,32	—6,22	—5,21	—4,26	—3,4	—2,58	—1,82	—1,08	—0,41	0,31
2	—9,07	—7,72	—6,52	—5,39	—4,38	—3,44	—2,56	—1,74	—0,97	—0,24	0,52	1,29
3	—8,22	—6,88	—5,66	—4,53	—3,52	—2,57	—1,69	—0,88	—0,08	0,74	1,52	2,29
4	—7,45	—6,07	—4,84	—3,74	—2,7	—1,75	—0,87	—0,01	0,87	1,72	2,5	3,26
5	—6,66	—5,26	—4,03	—2,91	—1,87	—0,92	—0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26
6	—5,81	—4,45	—3,22	—2,08	—1,04	—0,08	0,94	1,89	2,8	3,68	4,48	5,25

7	—5,01	—3,64	—2,39	—1,25	—0,21	0,87	1,9	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	—4,21	—2,83	—1,56	—0,42	—0,72	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	—3,41	—2,02	—0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	—2,62	—1,22	0,08	1,39	2,6	3,72	4,78	5,77	6,71	7,6	8,44	9,23
11	—1,83	—0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23
12	—1,04	0,44	1,9	3,25	4,48	5,63	6,7	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	—0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,4	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,3	8,48	9,58	10,6	11,59	12,5	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,6	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,2
17	3,31	4,99	6,52	7,9	9,18	10,37	11,5	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,2	5,9	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,5	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19
20	6	7,72	9,28	10,69	12	13,22	14,38	15,44	16,44	17,4	18,32	19,18
21	6,9	8,62	10,2	11,62	12,94	14,17	15,33	16,4	17,41	18,38	19,3	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,55	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,3	21,16

$t_в$, °C	$\varphi_в$, %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,3	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,7	17,97	19,15	20,26	21,32	22,3	23,24	24,14
26	11,35	13,15	14,78	16,27	17,64	18,95	20,11	21,22	22,29	23,28	24,22	25,14
27	12,24	14,05	15,7	17,19	18,57	19,87	21,06	22,18	23,26	24,26	25,22	26,13
28	13,13	14,95	16,61	18,11	19,5	20,81	22,01	23,14	24,23	25,24	26,2	27,12
29	14,02	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,96	24,11	25,2	26,22	27,2	28,12
30	14,92	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,2	28,18	29,11
31	15,82	17,68	19,36	20,9	22,32	23,64	24,88	26,04	27,14	28,08	29,16	30,1
32	16,71	18,58	20,27	21,83	23,26	24,59	25,83	27	28,11	29,16	30,16	31,19
33	17,6	19,48	21,18	22,76	24,2	25,54	26,78	27,97	29,08	30,14	31,14	32,19
34	18,49	20,38	22,1	23,68	25,14	26,49	27,74	28,94	30,05	31,12	32,12	33,08
35	19,38	21,28	23,02	24,6	26,08	27,64	28,7	29,91	31,02	32,1	33,12	34,08

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СТОИМОСТЬ ТОПЛИВА И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ОСНОВНЫМ ЭКОНОМИЧЕСКИМ ЗОНАМ СТРАНЫ НА ПЕРИОД ДО 2000 ГОДА ДЛЯ РАСЧЕТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

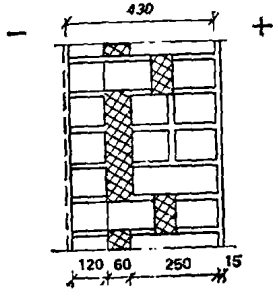
Регион	Стоимость котельно-печного топлива, руб./т.усл. т		Стоимость тепловой энергии $C_т$, руб/ГДж
	уголь	газ	
Европейские районы СССР	50	60	3,58
Урал	43	52	3,35
Казахстан	41	50	3,35
Средняя Азия	42	51	3,58
Западная Сибирь	35	43	3,11
Восточная Сибирь	20	—	2,63
Дальний Восток	60	72	5,02

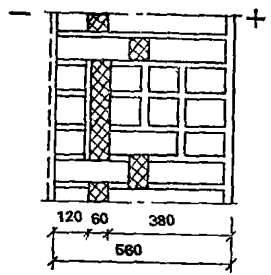
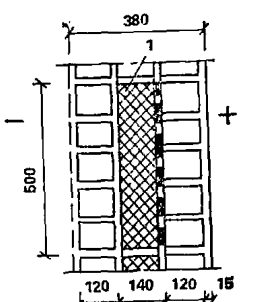
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

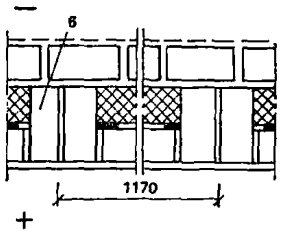
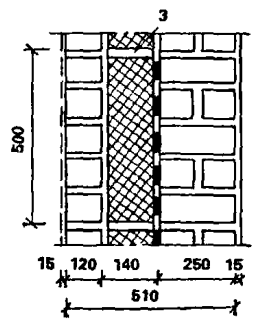
РАСШИРЕННАЯ ТАБЛ. 1 ПРИЛ. [13*]

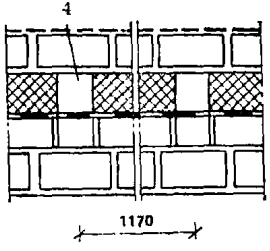
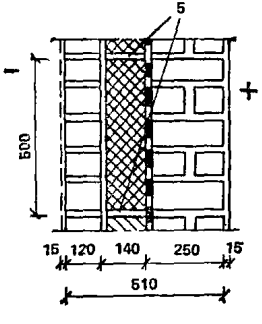
$R_0^{усл}$, м²·°С/Вт	r_1, при F_1/F_2								
	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05
6	0,21	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,35	0,41	0,51
5	0,27	0,28	0,29	0,31	0,34	0,37	0,4	0,47	0,59
4	0,35	0,36	0,37	0,39	0,42	0,45	0,48	0,56	0,69
3	0,44	0,45	0,46	0,48	0,5	0,53	0,56	0,65	0,79
2,5	0,48	0,49	0,5	0,52	0,54	0,57	0,6	0,67	0,81
2,4	0,52	0,53	0,54	0,56	0,58	0,61	0,64	0,69	0,81
2,3	0,55	0,56	0,57	0,59	0,61	0,64	0,67	0,72	0,82
2,2	0,58	0,59	0,6	0,62	0,64	0,67	0,7	0,74	0,83
2,1	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67	0,7	0,73	0,77	0,83
2	0,64	0,65	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,78	0,84
1,9	0,66	0,67	0,68	0,7	0,72	0,74	0,77	0,8	0,85
1,8	0,68	0,69	0,7	0,72	0,74	0,76	0,79	0,82	0,85
1,7	0,71	0,72	0,73	0,74	0,76	0,78	0,8	0,83	0,86
1,6	0,74	0,75	0,76	0,77	0,8	0,82	0,83	0,84	0,86
1,5	0,77	0,77	0,79	0,8	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87
1,4	0,8	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87

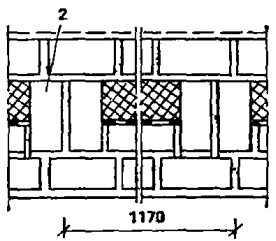
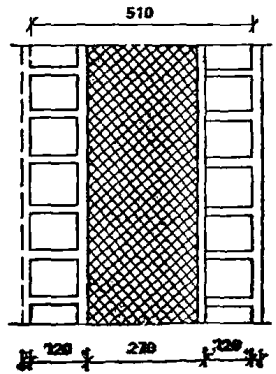
ПРИВЕДЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ И КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ОДНОРОДНОСТИ НЕКОТОРЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ УСЛОВИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ Б

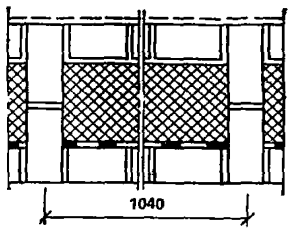
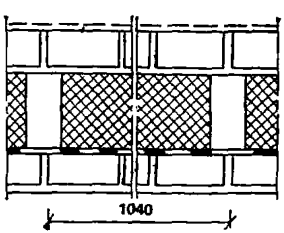
№ п. п.	Схема конструкции, основные размеры	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м²·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м²·°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
1		Сплошной силикатный кирпич минеральная вата 60 мм, *сплошной силикатный кирпич* штукатурка	1,38	0,87	0,63	4,62
2		Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 60 мм, сплошной силикатный кирпич штукатурка	1,42	0,97	0,68	4,63
3		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 60 мм, керамический дырчатый кирпич, штукатурка	1,62	1,19	0,73	5,68
4		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 60 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	1,45	1,01	0,7	4,84

5		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 60 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	1,5	0,99	0,66	5,9
6		Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 60 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	1,53	1,08	0,71	5,91
7		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 60 мм, керамический дырчатый кирпич, штукатурка	1,81	1,38	0,76	7,39
8		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 60 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	1,56	1,13	0,72	6,13
9		Сплюшной силикатный кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,41	1,20	0,5	4,16
10		Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,44	1,26	0,52	4,17

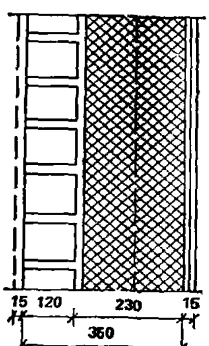
№ п. п.	Схема конструкции, основные размеры	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м².°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м².°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
11		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,47	1,31	0,53	4,39
12		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,53	1,65	0,65	5,45
13		Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,56	1,71	0,67	5,45

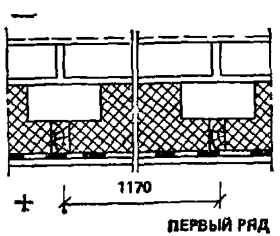
14		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,59	1,76	0,68	5,67
15		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,53	1,32	0,52	5,45
16		Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,56	1,39	0,54	5,45

№ п. п.	Схема конструкции, основные размеры	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м²·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м²·°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
17		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 140 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,59	1,44	0,56	5,67
18		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 270 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	4,26	2,19	0,51	5,5
19		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 270 мм, сплошной силикатный кирпич, сухая штукатурка	4,29	2,22	0,52	5,46
20		Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 270 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	4,30	2,42	0,56	5,51

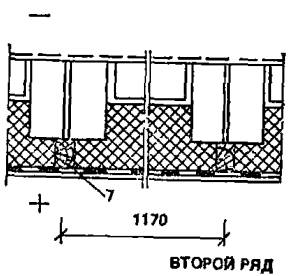
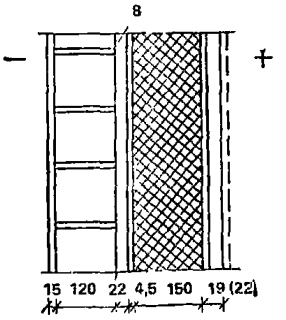
21	 ПЕРВЫЙ РЯД	Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 270 мм, сплошной силикатный кирпич, сухая штукатурка	4,32	2,44	0,56	5,47
22		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 270 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	4,33	2,53	0,58	5,73
23		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 270 мм, сплошной силикатный кирпич, сухая штукатурка	4,35	2,55	0,59	5,69
24		Сплошной силикатный кирпич, термолит 270 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,6	1,74	0,67	8,63
25	 ВТОРОЙ РЯД	Сплошной силикатный кирпич, термолит 270 мм, сплошной силикатный кирпич, сухая штукатурка	2,63	1,77	0,67	8,59
26		Дырчатый силикатный кирпич, термолит 270 мм, сплошной силикатный кирпич, сухая штукатурка	2,64	1,88	0,71	8,63
27		Керамический дырчатый кирпич, термолит 270 мм, сплошной силикатный кирпич, штукатурка	2,67	1,93	0,72	8,85
28		Керамический дырчатый кирпич, термолит 270 мм, сплошной силикатный кирпич, сухая штукатурка	2,69	1,95	0,72	8,81

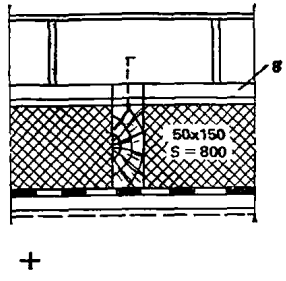
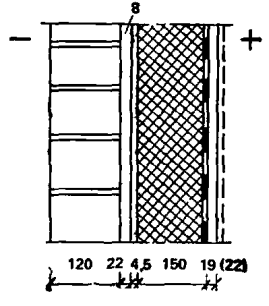
Продолжение прил. 4

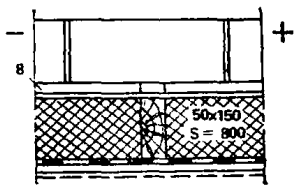
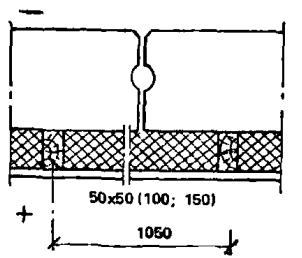
№ п. п.	Схема конструкции, основные размеры	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м²·°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м²·°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
29		Сплошной силикатный кирпич, термолит 230 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,32	1,93	0,83	7,09
30		Сплошной силикатный кирпич, термолит 230 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,26	1,88	0,83	6,88
31		Сплошной силикатный кирпич, термолит 230 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,23	1,82	0,82	6,89
32		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 230 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	3,73	2,84	0,76	4,43
33		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 230 мм, шпунтовая доска 19 мм	3,68	2,79	0,76	4,22
34		Сплошной силикатный кирпич, минеральная вата 230 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	3,65	2,76	0,76	4,23
35		Дырчатый силикатный кирпич, термолит 230 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,35	1,97	0,84	7,1

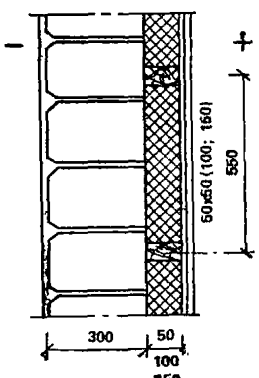


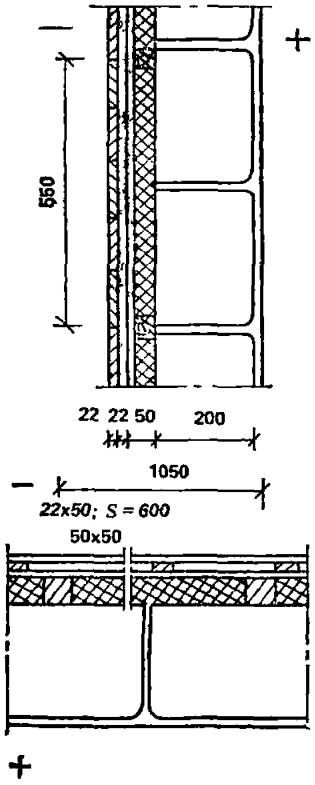
36	Дырчатый силикатный кирпич, термолит 230 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,3	1,95	0,85	6,88
37	Дырчатый силикатный кирпич, термолит 230 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,27	1,93	0,85	6,9
38	Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 230 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	3,77	2,91	0,77	4,43
39	Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 230 мм, шпунтовая доска 19 мм	3,71	2,9	0,78	4,22
40	Дырчатый силикатный кирпич, минеральная вата 230 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	3,68	2,86	0,78	4,23
41	Керамический дырчатый кирпич, термолит 230 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,4	2,09	0,87	7,49
42	Керамический дырчатый кирпич, термолит 230 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,32	2,02	0,87	7,28
43	Керамический дырчатый кирпич, термолит 230 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,31	1,98	0,86	7,29
44	Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 230 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	3,81	3,04	0,86	4,83

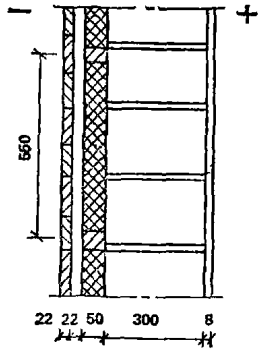
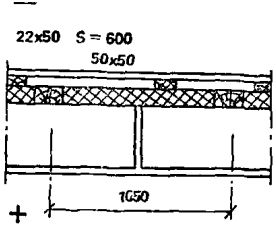
№ п. п.	Схема конструкции, основные размеры	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м². °С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м². °С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
45		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 230 мм, шпунтовая доска 19 мм	3,76	2,97	0,79	4,61
46		Керамический дырчатый кирпич, минеральная вата 230 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	3,73	2,92	0,78	4,63
47		Сплошной силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, минеральная вата 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,74	2,58	0,94	3,55
48		Сплошной силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, минеральная вата 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,68	2,52	0,94	3,33
49		Сплошной силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, ми-	2,65	2,49	0,94	3,35

		неральная вата 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм			
50		Сплошной силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, термолит 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	1,81	1,78	0,98	5,29
51		Сплошной силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, термолит 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	1,76	1,73	0,98	5,07
52		Сплошной силикатный кирпич деревянная рейка 22 мм, термолит 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	1,73	1,7	0,98	5,09
53		Дырчатый силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, минеральная вата 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,79	2,63	0,94	3,73
54		Дырчатый силикатный кирпич деревянная рейка 22 мм, минеральная вата 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,73	2,57	0,94	3,51
55		Дырчатый силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, минеральная вата 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,7	2,54	0,94	3,53
56		Дырчатый силикатный кирпич, деревянная рейка 22 мм, термолит 150 мм, деревянная обшивка, сухая штукатурка	1,86	1,82	0,98	5,47

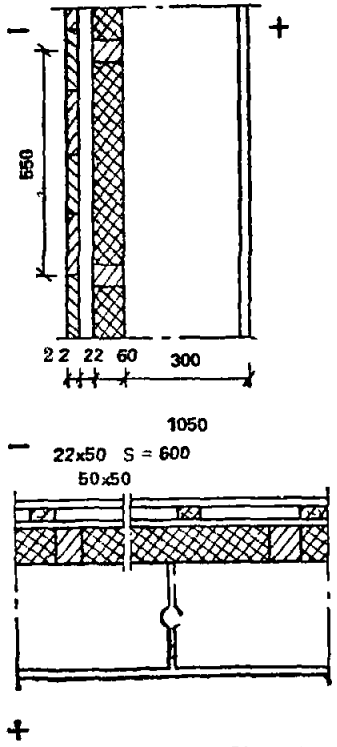
№ п.п.	Схема конструкции, основные размеры	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м².°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м².°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
57		Дырчатый силикатный кирпич, деревянная рейка, термолит 150 мм, гладкая деревянная обшивка	1,81	1,77	0,98	5,25
58		Дырчатый силикатный кирпич, деревянная рейка, термолит 150 мм, древесно-стружечная плита	1,78	1,74	0,98	5,27
59		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 50 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,47	2,34	0,95	6,27
60		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 50 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,42	2,39	0,99	6,06
61		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 50 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,39	2,35	0,98	6,08

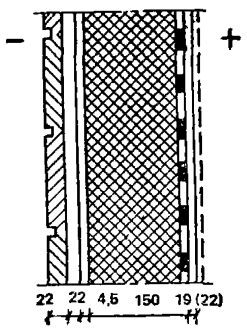
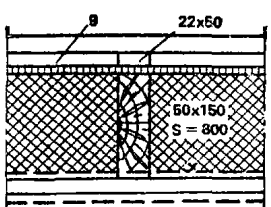
62		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 100 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	3,19	3,11	0,97	6,79
63		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 100 мм, шпунтовая доска 19 мм	3,13	3,07	0,98	6,57
64		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 100 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	3,1	3,02	0,97	6,59
65		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	3,9	3,78	0,97	7,31
66		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	3,85	3,73	0,97	7,09
67		Штукатурка, мелкие блоки, минеральная вата 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	3,82	3,7	0,97	7,11

№ п. п.	Схема конструкции, основные размеры	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м².°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м².°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
68		Горизонтальная деревянная обшивка 22 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 50 мм, мелкие блоки, сухая штукатурка 8 мм	2,15	2,09	0,97	4,77

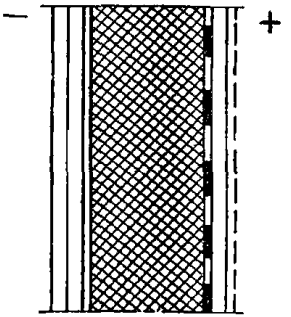
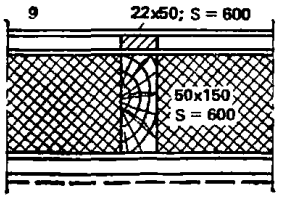
69	 	Горизонтальная деревянная обшивка 22 мм, древесно-волокнистая плита, минеральная вата 50 мм, мелкие блоки, сухая штукатурка 8 мм	2,63	**2,58**	**0,98**	6,49

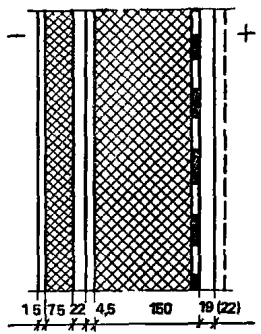
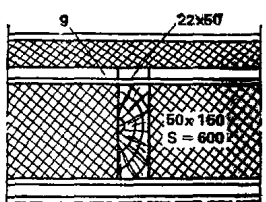
Продолжение прил. 4

№ п. п.	Схема конструкции, основные материалы	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м².°С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м².°С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
70		*Горизонтальная деревянная* обшивка 22 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 50 мм, газосиликальцитная плита, сухая штукатурка 8 мм	2,15	2,09	0,97	6,23

71		Горизонтальная деревянная обшивка 22 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,75	2,55	0,93	2,93
72		Горизонтальная деревянная обшивка 22 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,7	2,53	0,94	2,72
73		Горизонтальная деревянная обшивка 22 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,67	2,46	0,92	2,73
74		Горизонтальная деревянная обшивка, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	1,83	1,63	0,89	4,66
75		Горизонтальная деревянная обшивка, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, шпунтовая доска 19 м	1,77	1,58	0,89	4,45
76		Горизонтальная деревянная обшивка, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	1,74	1,51	0,87	4,46

Продолжение прил. 4

№ п. п.	Схема конструкции, основные материалы	Материалы	Сопротивление теплопередаче $R_0^{усл}$, м². °С/Вт	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0^{пр}$, м². °С/Вт	Коэффициент теплотехнической однородности r	Тепловая инерция D
77		Шифер, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,65	2,45	0,92	2,5
78		Шифер, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,59	2,39	0,92	2,28
79		Шифер, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,56	2,36	0,92	2,3
80		Шифер, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	1,62	1,71	0,99	4,23
81		Шифер, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	1,67	1,66	0,99	4,02
82		Шифер, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	1,64	1,63	0,99	4,03

83		Штукатурка, фибролитовая плита 75 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	3,18	3,02	0,95	4,14
84		Штукатурка, фибролитовая плита 75 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	3,12	2,96	0,95	3,92
85		Штукатурка, фибролитовая плита 75 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, минеральная вата 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	3,09	2,82	0,91	3,94
86		Штукаатурка, фибролитовая плита 75 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, деревянная обшивка 22 мм, сухая штукатурка 8 мм	2,25	2,21	0,98	5,87
87		Штукатурка, фибролитовая плита 75 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, шпунтовая доска 19 мм	2,2	2,16	0,98	5,66
88		Штукатурка, фибролитовая плита 75 мм, древесно-волокнистая плита 4 мм, термолит 150 мм, древесно-стружечная плита 19 мм	2,17	2,14	0,99	5,67

Условные обозначения: **1, 3, 5** — армированная бетонная диафрагма 30 мм; 2, 6 — вертикальное ребро 250 мм; 4 — вертикальное ребро 120 мм; 7 — деревянный брус 50×100 мм; 8 — воздушная прослойка 22 мм; 9 — воздушная прослойка 22×50 мм

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ДЛЯ НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБЛЯЕМЫХ В ПРОМЫШЛЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Экономически целесообразная толщина теплоизоляционного слоя ограждающих конструкций рассчитана для зданий с температурой внутреннего воздуха 16—20 °С.

Единовременные затраты рассчитывались на основе оптовых цен на строительные материалы и конструкции, введенные в действие с 1.01.1982 г., а также тарифов на перевозки и сборников Единых районных единичных расценок на строительные работы и конструкции (ЕРЕР) введенных в действие с 1.01.1984 г. Сметные цены на привозные материалы были приняты по сборникам районных сметных цен на материалы, изделия, конструкции. Стоимость железобетонных конструкций определялась по Прейскуранту № 06-08 оптовых цен на железобетонные изделия. Стоимость кирпича определена по Прейскуранту № 06-13 оптовых цен на кирпич и другие местные строительные материалы.

Затраты на транспорт железобетонных конструкций и местных материалов определялись по Сборнику сметных цен на перевозки грузов для строительства. Стоимость бетона, раствора для заделки швов и штукатурки приняты по Сборнику районных сметных цен на материалы, изделия и конструкции. Стоимость монтажа конструкций определялись по соответствующим сборникам элементных сметных норм на строительные конструкции и работы к сборникам ЕРЕР. Стоимость тепловой энергии принята в соответствии с прил. 2.

Таблица 1

Районирование территории СССР для определения экономически целесообразной толщины теплоизоляционного слоя ограждающих конструкций

№ п. п.	Район	Территории, вошедшие в район (области, края, автономные и союзные республики)
1	Северо-Западный	Мурманская, Архангельская области РСФСР, Карельская АССР
2	Ленинградский	Ленинградская, Новгородская, Псковская, Вологодская области РСФСР

Продолжение

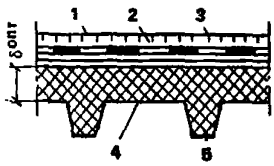
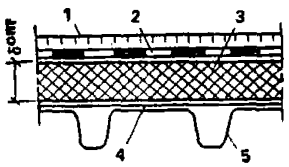
№ п. п.	Район	Территории, вошедшие в район (области, края, автономные и союзные республики)
3	Западный	Литовская, Латвийская, Эстонская, Белорусская ССР, Калининградская область РСФСР
4	Центральный	Владимирская, Калининская, Ивановская, Калужская, Московская, Рязанская, Смоленская, Тульская, Белгородская, Брянская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, Тамбовская, Костромская, Ярославская области РСФСР
5	Юго-Западный	Молдавская ССР, Винницкая, Волынская, Житомирская, Закарпатская, Киевская, Ивано-Франковская, Львовская, Николаевская, Одесская, Ровенская, Тернопольская, Хмельницкая, Черниговская, Черновицкая области УССР
6	Донецко-Приднепровский	Днепропетровская, Донецкая, Херсонская, Крымская, Запорожская, Кировоградская, Ворошиловградская, Сумская, Харьковская, Черкасская, Полтавская области УССР
7	Печорский	Коми АССР
8	Волго-Вятский	Горьковская, Кировская области РСФСР, Марийская, Мордовская, Чувашская АССР
9	Средне-Волжский	Волгоградская, Саратовская, Куйбышевская, Пензенская, Ульяновская области РСФСР, Татарская АССР
10	Нижне-Волжский	Астраханская, Ростовская области РСФСР, Калмыцкая АССР
11	Северо-Уральский	Свердловская, Пермская, Удмуртская АССР
12	Южно-Уральский	Курганская, Оренбургская, Челябинская области РСФСР, Башкирская АССР
13	Северо-Кавказский	Краснодарский, Ставропольский края РСФСР, Дагестанская, Кабардино-Балкарская, Северо-Осетинская, Чечено-Ингушская АССР

Продолжение

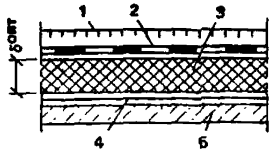
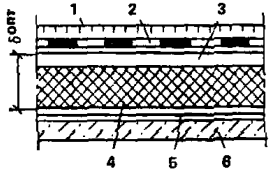
№ п. п.	Район	Территории, вошедшие в район (области, края, автономные и союзные республики)
14	Закавказский	Азербайджанская ССР, Армянская ССР, Грузинская ССР
15	Казахский	Казахская ССР
16	Туркменский	Туркменская ССР
17	Узбекский	Узбекская ССР
18	Таджикский	Таджикская ССР
19	Киргизский	Киргизская ССР
20	Тюменский	Тюменская область РСФСР (без Ямало-Ненецкого национального округа)
21	Ямало-Ненецкий	Ямало-Ненецкий национальный округ Тюменской области
22	Западно-Сибирский	Новосибирская, Кемеровская, Томская, Омская области РСФСР, Алтайский край РСФСР
23	Восточно-Сибирский	Тувинская АССР, Красноярский край (без Таймырского национального округа)
24	Норильский	Таймырский национальный округ Красноярского края РСФСР
25	Иркутский	Иркутская область РСФСР
26	Якутский	Якутская АССР
27	Забайкальский	Бурятская АССР, Читинская область РСФСР
28	Хабаровский	Хабаровский край, Амурская область РСФСР
29	Приморский	Приморский край РСФСР, Сахалинская область РСФСР
30	Магаданский	Магаданская, Камчатская области РСФСР

Таблица 2

Конструктивные решения покрытий (оптимальная толщина утеплителя обозначена $\delta_{опт}$)

Номер конструкции	Эскиз конструкции	Вид теплоизоляции	Основные характеристики теплоизоляционного слоя		
			плотность γ, кг/м³	коэффициент теплопроводности λ, Вт/м·°С, для условий эксплуатации	
				А	Б
1		Пенополиуретан заливочный	50	0,04	0,04
2	1 — гравий на антисептированной мастике, δ=0,02 м; 2 — четыре слоя рулонного водоизоляционного ковра; 3 — мешочная бумага или слой рубероида; 4 — теплоизоляция (см. гр. 3); 5 — стальной профилированный настил	Фенольный пенопласт заливочный	100	0,052	0,076
3		Плиты фенольные ФРП-1	100	0,052	0,076
4	1 — гравий на антисептированной мастике, δ=0,02 м; 2 — четыре слоя рулонного водоизоляционного ковра; 3 — теплоизоляция (см. гр. 3); 4 — рубероид, наклеенный на горячем битуме; 5 — стальной профилированный настил	Плиты минераловатные повышенной жесткости	200	0,07	0,076

Продолжение табл. 2

Номер конструкции	Эскиз конструкции	Вид теплоизоляции	Основные характеристики теплоизоляционного слоя		
			плотность γ, кг/м³	коэффициент теплопроводности λ, Вт/м·°С, для условий эксплуатации	
				А	Б
5		Плиты пенополистерольные ПСБ-С	40	0,041	0,05
6		Плиты минераловатные повышенной жесткости	200	0,07	0,076
7	1 — гравий на антисептированной мастике, δ=0,01 м; 2 — три слоя рулонного водоизоляционного ковра; 3 — теплоизоляция (см. гр. 3); 4 — рубероид, наклеенный на горячем битуме; 5 — железобетонная плита, δ=0,03 м	Плиты фенольные ФРП-1	100	0,052	0,076
8*		Плиты из ячеистого бетона	400	0,14	0,15
9		Плиты фибролитовые	300	0,11	0,14
10 А	1 — гравий на антисептированной мастике, δ=0,01 м; 2 — три слоя рулонного водоизоляционного ковра; 3 — цементно-песчаный раствор марки 50, δ=0,015 м и δ=0,025 м (по керамзитовому гравию); 4 — теплоизоляция (см. гр. 3); 5 — рубероид, наклеенный на горячем битуме; 6 — железобетонная плита, δ=0,03 м	Керамзитобетон	500	0,17	0,23
10 Б			600	0,2	0,26
11		Керамзитовый гравий	500	0,15	0,17
			600	0,17	0,2

* Комплексная железобетонная плита.

Таблица 3

Экономически целесообразная толщина слоя теплоизоляции в конструкциях покрытий $\delta_{опт}$, м

№ п. п.	Район	Конструкция											
		стальной профилированный настил с утеплителем, γ_0, кг/м³				железобетонная плита с утеплителем, γ_0, кг/м³							
		ППУ, 50	Фенольный пенопласт, 100	ФРП-1, 100	МВП повышенной жесткости, 200	ПСБ-С, 40	МВП повышенной жесткости, 200	ФРП-1, 100	Ячеистый бетон, 400	Фибролитовая плита, 300	Керамзитобетон		Керамзитовый гравий, 600
											500	600	
		Номер конструкции покрытия по табл. 2											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10А	10Б	11
1	Северо-западный	0,08	0,1	0,12	0,12	0,1	0,12	0,12	0,18	0,3	0,26	0,26	0,3
2	Ленинградский	0,06	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,24	0,2	0,24	0,3	0,35
3	Западный	0,06	0,08	0,08	0,08	0,1	0,1	0,08	0,22	0,2	0,26	0,3	0,3
4	Центральный	0,06	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	0,24	0,2	0,26	0,3	0,35
5	Юго-западный	0,05	0,07	0,07	0,06	0,1	0,08	0,07	0,16	0,2	0,2	0,26	0,2

Продолжение

№ п. п.	Район	Конструкция: стальной профилированный настил с утеплителем, γ_0, кг/м³				железобетонная плита с утеплителем, γ_0, кг/м³							
		ППУ, 50	Фенольный пенопласт, 100	ФРП-1, 100	МВП повышенной жесткости, 200	ПСБ-С, 40	МВП повышенной жесткости, 200	ФРП-1, 100	Ячеистый бетон, 400	Фибролитовая плита, 300	Керамзитобетон 500	Керамзитобетон 600	Керамзитовый гравий, 600
		Номер конструкции покрытия по табл. 2											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10А	10А	11
6	Донецко-Приднепровский	0,06	0,07	0,06	0,08	0,1	0,08	0,06	0,18	0,2	0,2	0,26	0,2
7	Печорский	0,08	0,1	0,1	0,12	0,1	0,12	0,1	0,22	0,3	0,26	0,26	0,35
8	Волго-Вятский	0,06	0,1	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	0,24	0,2	0,26	0,3	0,35
9	Средне-Волжский	0,06	0,07	0,07	0,08	0,1	0,1	0,08	0,2	0,2	0,26	0,26	0,35
10	Нижне-Волжский	0,05	0,06	0,06	0,06	0,1	0,08	0,07	0,14	0,2	0,2	0,2	0,2
11	Северо-Уральский	0,08	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,2	0,2	0,26	0,3	0,35
12	Южно-Уральский	0,06	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,22	0,2	0,26	0,26	0,3
13	Северо-Кавказский	0,05	0,06	0,07	0,06	0,1	0,06	0,07	0,16	0,2	0,2	0,2	0,2
14	Закавказский	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,14	0,1	0,14	0,14	0,15
15	Казахский	0,08	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,22	0,2	0,2	0,26	0,2
16	Туркменский	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,1	0,1	0,12	0,15

17	Узбекский	0,04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,14	0,1	0,16	0,16	0,15
18	Таджикский	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,12	0,14	0,15
19	Киргизский	0,05	0,05	0,06	0,06	0,1	0,06	0,06	0,16	0,15	0,16	0,2	0,15
20	Тюменский	0,06	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,14	0,2	0,2	0,2	0,25
21	Ямало-Ненецкий	0,08	0,12	0 12	0,12	0,1	0,12	0,12	0,16	0,2	0,24	0,28	0,2
22	Западно-Сибирский	0,06	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,24	0,2	0,26	0,24	0,3
23	Восточно-Сибирский	0,08	0,07	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,22	0,2	0,22	0,26	0,3
24	*Норильский*	0,06	0,12	0,12	0,12	0,1	0,12	0,12	0,24	0,2	0,26	0,3	0,2
25	Иркутский	0,08	0,08	0,08	0,1	0,1	0,1	0,08	0,2	0,2	0,2	0,26	0,3
26	Якутский	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	0,12	0,1	0,16	0,2	0,2	0,22	0,2
27	Забайкальский	0,1	0,12	0,12	0,12	0,15	0,15	0,12	0,24	0,3	0,26	0,3	0,4
28	Хабаровский	0,1	0,12	0,1	0,12	0,15	0,12	0,1	0,24	0,3	0,26	0,3	0,4
29	Приморский	0,08	0,1	0,1	0,12	0,064	0,12	0,1	0,24	0,3	0,26	0,36	0,35
30	Магаданский	0,08	0,14	0,12	0,12	0,15	0,12	0,12	0,22	0,3	0,24	0,26	0,25

Таблица 4

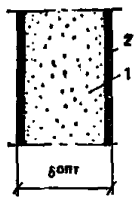
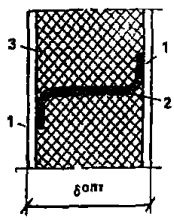
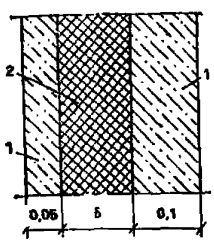
Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче конструкций покрытий $R_o^{эк}$, м²·°С/Вт

№ п. п.	Район	Конструкция: стальной профилированный настил с утеплителем, γ_o, кг/м³				железобетонная плита с утеплителем, γ_o, кг/м³							
		ППУ, 50	Фенольный пенопласт, 100	ФРП-1, 100	МВП повышенной жесткости, 200	ПСБ-С, 40	МВП повышенной жесткости, 200	ФРП-1, 100	Ячеистый бетон, 400	Фибролитовая плита, 300	Керамзитобетон 500	Керамзитобетон 600	Керамзитовый гравий, 500—600
		Номер конструкции покрытия по табл. 2											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10А	10Б	11
1	Северо-Западный	2,31	1,63	1,63	1,85	2,23	1,81	1,81	1,49	2,39	1,42	1,25	1,92
2	Ленинградский	1,81	1,36	1,36	1,59	2,23	1,55	1,28	1,89	1,68	1,33	1,4	2,19
3	Западный	1,81	1,36	1,36	1,32	2,23	1,55	1,28	1,76	1,68	1,42	1,4	1,92
4	Центральный	1,81	1,36	1,36	1,59	2,23	1,55	1,55	1,89	1,68	1,42	1,4	2,19
5	Юго-Западный	1,56	1,23	1,23	1,06	2,23	1,28	1,15	1,36	1,68	1,16	1,25	1,38
6	Донецко-Приднепровский	1,81	1,66	1,66	1,41	2,67	1,37	1,38	1,58	2,07	1,47	1,55	1,56
7	Печорский	2,31	1,63	1,63	1,85	2,23	1,81	1,55	1,76	2,39	1,42	1,25	2,19
8	Волго-Вятский	1,81	1,63	1,63	1,59	2,23	1,55	1,55	1,89	1,68	1,42	1,4	2,19
9	Средне-Волжский	1,81	1,66	1,66	1,41	2,67	1,66	1,77	1,72	2,07	1,82	1,55	2,5
10	Нижне-Волжский	1,56	1,46	1,46	1,13	2,67	1,37	1,58	1,29	2,07	1,47	1,25	1,56

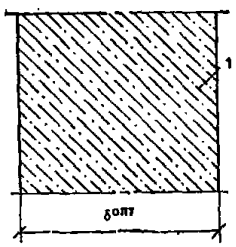
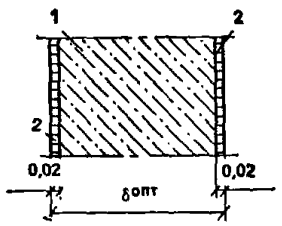
11	Северо-Уральский	2,31	1,85	1,85	1,7	2,67	1,66	1,77	1,72	2,07	1,82	1,75	2,5
12	Южно-Уральский	1,81	1,85	1,85	1,7	2,67	1,66	1,77	1,86	2,07	1,82	1,55	2,18
13	Северо-Кавказский	1,56	1,1	1,1	1,06	2,23	1,02	1,15	1,36	1,68	1,16	1,02	1,38
14	Закавказский	1,31	1,27	1,27	1,06	1,45	1,09	1,19	1,29	1,16	1,12	0,95	1,25
15	Казахский	2,31	1,85	1,85	1,7	2,67	1,66	1,77	1,86	2,07	1,47	1,55	1,56
16	Туркменский	1,31	1,08	1,08	0,98	1,45	0,94	1,19	1,01	1,16	0,88	0,85	1,25
17	Узбекский	1,31	1,08	1,08	1,13	1,45	1,09	1,19	1,29	1,16	1,24	1,05	1,25
18	Таджикский	1,31	1,08	1,08	0,98	1,45	0,94	1,19	1,01	1,16	1	0,95	1,25
19	Киргизский	1,56	1,27	1,27	1,13	2,67	1,09	1,38	1,44	1,61	1,24	1,25	1,25
20	Тюменский	1,81	1,85	1,85	1,7	2,67	1,66	1,77	1,29	2,07	1,47	1,25	1,87
21	Ямало-Ненецкий	1,81	1,89	1,89	1,85	2,23	1,81	1,81	1,36	1,68	1,33	1,33	1,38
22	Западно-Сибирский	2,31	1,85	1,85	1,7	2,67	1,66	1,77	2,01	2,07	1,82	1,45	2,18
23	Восточно-Сибирский	1,81	1,66	1,66	1,7	2,67	1,66	1,77	1,86	2,07	1,59	1,55	2,18
24	Норильск	2,31	1,89	1,89	1,85	2,23	1,81	1,81	1,89	1,68	1,42	1,4	1,38
25	Иркутский	1,81	1,85	1,85	1,7	2,67	1,66	1,77	1,72	2,07	1,47	1,55	2,18
26	Якутский	2	2,23	2,23	1,7	2,67	1,94	1,55	1,44	2,07	1,47	1,35	1,56
27	Забайкальский	2,81	2,62	2,62	1,98	3,89	2,37	2,54	2,01	2,98	1,82	1,75	2,81
28	Хабаровский	2,81	1,89	1,89	1,85	3,23	1,81	1,55	1,89	2,39	1,42	1,4	2,46
29	Приморский	2,31	1,63	1,63	1,85	1,56	1,81	1,55	1,89	2,39	1,42	1,4	2,19
30	Магаданский	2,31	2,15	2,15	1,85	3,23	1,81	1,81	1,86	2,39	1,33	1,25	1,65

Таблица 5

Конструктивные решения стен (оптимальная толщина утеплителя обозначена $\delta_{опт}$)

Номер конструкции	Схема конструкции	Вид теплоизоляции	Основные характеристики теплоизоляционного слоя		
			плотность γ_0, кг/м³	коэффициент теплопроводности λ, Вт/м·°С, для условий эксплуатации	
				А	Б
1	 1 — стальной профилированный лист; 2 — пенополиуретан	Пенополиуретан	50	0,04	0,04
2	 1 — стальной профилированный лист; 2 — стальной профиль; 3 — минераловатные плиты	Минераловатные плиты	150	0,068	0,075
3	 1 — железобетон; 2 — теплоизоляция (см. гр. 3)	Пенополистирол ПСБ	40	0,041	0,05
4		Минераловатные плиты марки 175	175	0,072	0,075

Продолжение табл. 5

Номер конструкции	Схема конструкции	Вид теплоизоляции	Основные характеристики теплоизоляционного слоя		
			плотность γ_0, кг/м³	коэффициент теплопроводности λ, Вт/м·°С, для условий эксплуатации	
				А	Б
5	 1 — теплоизоляция (см. гр. 3)	Ячеистый бетон	800	0,33	0,37
6	 1 — керамзитобетон; 2 — цементно-песчаный раствор	Керамзитобетон	1100	0,38	0,46
7		То же	1300	0,5	0,58

Продолжение табл. 5

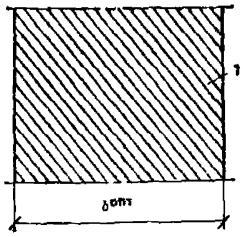
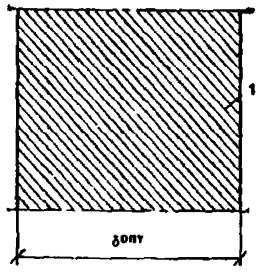
Номер конструкции	Схема конструкции	Вид теплоизоляции	Основные характеристики теплоизоляционного слоя		
			плотность γ_0, кг/м³	коэффициент теплопроводности λ, Вт/м·°С, для условий эксплуатации	
				А	Б
8	 1 — теплоизоляция (см. гр. 3)	Кирпич или камни керамические пустотные на цементно-песчаном растворе	1400	0,52	0,58
9	 1 — теплоизоляция (см. гр. 3)	Кирпич керамический полнотелый на цементно-песчаном растворе	1800	0,7	0,8

Таблица 6

Экономически целесообразная толщина слоя теплоизоляции в конструкциях стен $\delta_{опт}$, м

№ п. п.	Район	Конструкция								
		стальной профилированный лист с утеплителем, γ_0, кг/м³		железобетонная плита с утеплителем, γ_0, кг/м³		ячеистый бетон, γ_0 800	керамзитобетон, γ_0, кг/м³		кирпич, γ_0, кг/м³	
		ППУ, 50	МВП, 150	ПСБ, 40	МВП, 175		1100	1300	1400	1800
		Номер конструкции стены по табл. 5								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Северо-Западный	0,08	0,15	0,15	0,18	0,25	0,25	0,3	0,37	0,5
2	Ленинградский	0,06	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,3	0,37	0,5
3	Западный	0,06	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,25	0,37	0,37
4	Центральный	0,06	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,3	0,37	0,5
5	Юго-Западный	0,06	0,12	0,1	0,15	0,25	0,2	0,25	0,37	0,37
6	Донецко-Приднепровский	0,06	0,15	0,1	0,18	0,25	0,2	0,25	0,37	0,37
7	Печорский	0,08	0,18	0,15	0,18	0,25	0,3	0,4	0,5	0,62
8	Волго-Вятский	0,08	0,18	0,1	0,18	0,25	0,25	0,4	0,37	0,5
9	Средне-Волжский	0,06	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,25	0,37	0,37

Продолжение табл. 6

№ п. п.	Район	Конструкция								
		стальной профилированный лист с утеплителем, γ_0, кг/м³		железобетонная плита с утеплителем, γ_0, кг/м³		ячеистый бетон, γ_0 800	керамзитобетон, γ_0, кг/м³		кирпич, γ_0, кг/м³	
		ППУ, 50	МВП, 150	ПСБ, 40	МВП, 175		1100	1300	1400	1800
		Номер конструкции стены по табл. 5								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Нижне-Волжский	0,06	0,12	0,1	0,15	0,2	0,2	0,25	0,25	0,37
11	Северо-Уральский	0,08	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,3	0,37	0,5
12	Южно-Уральский	0,08	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,3	0,37	0,5
13	Северо-Кавказский	0,06	0,12	0,1	0,12	0,25	0,2	0,25	0,25	0,37
14	Закавказский	0,045	0,1	0,06	0,1	0,16	0,2	0,2	0,25	0,25
15	Казахский	0,08	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,3	0,37	0,5
16	Туркменский	0,045	0,08	0,666	0,1	0,16	0,2	0,2	0,25	0,25
17	Узбекский	0,045	0,1	0,066	0,12	0,16	0,2	0,2	0,25	0,25
18	Таджикский	0,45	0,08	0,066	0,1	0,16	0,2	0,2	0,25	0,25

19	Киргизский	0,06	0,12	0,1	0,12	0,2	0,2	0,25	0,37	0,37
20	Тюменский	0,08	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,4	0,37	0,5
21	Ямало-Ненецкий	0,08	0,15	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,62
22	Западно-Сибирский	0,08	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,4	0,37	0,5
23	Восточно-Сибирский	0,06	0,15	0,1	0,18	0,25	0,3	0,4	0,37	0,5
24	Норильский	0,08	0,2	0,15	0,25	0,3	0,4	0,5	0,5	0,62
25	Иркутский	0,06	0,15	0,1	0,18	0,25	0,25	0,4	0,37	0,5
26	Якутский	0,08	0,18	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,75
27	Забайкальский	0,08	0,2	0,15	0,25	0,25	0,25	0,4	0,5	0,62
28	Хабаровский	0,08	0,2	0,15	0,25	0,25	0,25	0,4	0,62	0,62
29	Приморский	0,06	0,18	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,37	0,5
30	Магаданский	0,06	0,2	0,15	0,25	0,25	0,25	0,4	0,37	0,5

Таблица 7

Экономически целесообразные сопротивления теплопередаче конструкций стен $R_o^{эк}$, м²·°С/Вт

№ п. п.	Район	Конструкция								
		Стальной профилированный лист с утеплителем, γ_o, кг/м³		Железобетонная плита с утеплителем, γ_o, кг/м³		Ячеистый бетон, 800	Керамзитобетон, γ_o, кг/м³		Кирпич, γ_o, кг/м³	
		ППУ, 50	МВП, 150	МСБ, 40	МВП, 175		1100	1300	1400	1800
		Номер конструкции стены по табл. 5								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Северо-Западный	2,07	1,76	2,39	1,92	0,9	0,74	0,71	0,82	0,8
2	Ленинградский	1,6	1,76	1,66	1,92	0,9	0,74	0,71	0,82	0,8
3	Западный	1,6	1,76	1,66	1,92	0,9	0,74	0,63	0,82	0,64
4	Центральный	1,6	1,76	1,66	1,92	0,9	0,74	0,71	0,82	0,8
5	Юго-Западный	1,6	1,42	1,66	1,66	0,9	0,63	0,63	0,82	0,64
6	Донецко-Приднепровский	1,6	1,92	1,98	2	0,99	0,73	0,71	0,9	0,71
7	Печорский	2,07	2,06	2,39	1,92	0,9	0,86	0,89	1,05	0,95
8	Волго-Вятский	2,07	2,06	1,66	1,92	0,9	0,74	0,88	0,82	0,8
9	Средне-Волжский	1,6	1,92	1,98	2	0,99	0,86	0,71	0,9	0,71
10	Нижне-Волжский	1,6	1,55	1,98	1,72	0,83	0,73	0,7	0,66	0,71
11	Северо-Уральский	2,07	1,92	1,98	2	0,99	0,86	0,81	0,9	0,9

12	Южно-Уральский	2,07	1,92	1,98	2	0,99	0,86	0,81	0,9	0,9
13	Северо-Кавказский	1,6	1,42	1,66	1,34	0,9	0,63	0,62	0,61	0,64
14	Закавказский	1,24	1,33	1,39	1,21	0,71	0,73	0,61	0,66	0,54
15	Казахский	2,07	1,92	1,98	2	0,99	0,86	0,81	0,9	0,9
16	Туркменский	1,24	1,07	1,39	1,21	0,71	0,73	0,61	0,66	0,54
17	Узбекский	1,24	1,33	1,39	1,39	0,71	0,73	0,61	0,66	0,54
18	Таджикский	1,24	1,07	1,39	1,21	0,71	0,73	0,61	0,66	0,54
19	Киргизский	1,6	1,55	1,98	1,39	0,83	0,73	0,71	0,9	0,71
20	Тюменский	2,07	1,92	1,98	2	0,99	0,86	1,01	0,9	0,9
21	Ямало-Ненецкий	2,07	1,76	1,66	2,14	1,03	1,06	1,05	1,05	0,95
22	Западно-Сибирский	2,07	1,92	1,98	2	0,99	0,86	1,01	0,9	0,9
23	Восточно-Сибирский	1,6	1,92	1,98	2	0,99	0,99	1,01	0,9	0,9
24	Норильский	2,07	2,29	2,39	2,63	1,03	1,06	1,05	1,05	0,95
25	Иркутский	1,6	1,92	1,98	2	0,99	0,86	1,01	0,9	0,9
26	Якутский	2,07	2,26	1,98	2,23	1,14	1,25	1,2	1,15	1,25
27	Забайкальский	2,07	2,39	2,87	2,73	0,99	0,86	1,01	1,15	1,07
28	Хабаровский	2,07	2,29	2,39	2,63	0,9	0,74	0,89	1,25	0,95
29	Приморский	2,07	2,06	2,39	2,14	0,9	0,74	0,71	0,82	0,8
30	Магаданский	1,6	2,29	2,39	2,63	0,9	0,74	0,88	0,82	0,8

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ОКОН И ФОНАРЕЙ И СПОСОБ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ ТЕПЛА, ВЛАГИ И ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

№ категории	Условия производства	Вид производств	Вид светопрозрачных конструкций	Способ вентиляции
Iа	С незначительными избытками явного тепла (до 23 Вт/м³) и незначительными выделениями вредных веществ (ГОСТ 12.1.005—88)	Цех инструментальный, сборочный, механический, механосборочный	Открывающиеся окна, зенитные фонари	Принудительная, приточно-вытяжная
Iб	То же, при наличии специальных требований к параметрам внутреннего воздуха	Предприятия электроники, часовые заводы	Глухие окна и зенитные фонари	То же
II	С незначительными избытками явного тепла (до 23 Вт/м³) и значительными выделениями вредных веществ	Цехи сварочные, окрасочные, цехи химических предприятий с открытыми или полуоткрытыми процессами по выработке кислот, щелочей, едких реактивов,	То же	Принудительная, приточно-вытяжная с очисткой выбросов от вредных веществ

		ядохимикатов, удобрений, цехи гальванических покрытий с гальванопластики с применением электролиза		
IIIа	С избытками явного тепла от 23 до 50 Вт/м³ и незначительными выделениями вредных веществ	Цехи химических производств с закрытыми процессами, трубоволочильные, холодного проката листа по производству картона и бумаги целлюлозно-бумажных комбинатов, сборного железобетона	Открывающиеся окна, светоаэрационные фонари Открывающиеся окна Глухие окна	Естественная через окна и фонари Естественная через окна и аэрационные шахты Принудительная приточно-вытяжная
IIIб	То же, при наличии специальных требований к чистоте приточного воздуха	Цехи пищевой промышленности	Глухие окна и зенитные фонари	Принудительная, приточно-вытяжная
IV	Со значительными избытками явного тепла (более 50 Вт/м³) и незначительными выделениями вредных веществ	Цехи горячего проката металла, непрерывной разливки стали, стекловарения, огнеупоров	Глухие окна, аэрационные проемы в стенах, аэрационные фонари	Естественная через аэрационные проемы в стенах и аэрационные фонари

Продолжение прил. 6

№ категории	Условия производства	Вид производств	Вид светопрозрачных конструкций	Способ вентиляции
V	Со значительными избытками явного тепла (более 50 Вт/м³) и значительными выделениями вредных веществ	Сталелитейные, доменные, конверторные, электролизные цехи металлургической промышленности, агломерационные фабрики, цехи цементных заводов	Глухие окна, аэрационные проемы в стенах, аэрационные фонари	Естественная через аэрационные проемы в стенах и аэрационные фонари, дополненная местной вентиляцией с очисткой выбросов. При соответствующем обосновании вытяжная вентиляция может быть решена принудительной
VI	С влажным и мокрым режимом	Цехи электролиза, флотации предприятий цветной металлургии, цехи по производству бумаги, картона, целлюлозы, целлюлозно-бумажных комбинатов, цехи изготовления железобетонных изделий, помещения животноводческих комплексов, пищевых предприятий, прачечные	Окна в одинарных переплетах со стеклопакетами, окна из профильного стекла	Принудительная приточно-вытяжная с возможностью устройства дополнительной естественной вентиляции через окна

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ЗНАЧЕНИЯ УПРУГОСТИ ВОДЯНОГО ПАРА $E_р$, Па, И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_р^1$ НАД НАСЫЩЕННЫМИ РАСТВОРАМИ СОЛЕЙ ПРИ B=100,7 кПа

Химическая формула соли	Упругость водяного пара $E_р$, Па, при температуре, °С					Относительная влажность $\gamma_р$, %, при t=20 °С
	10	15	20	25	30	
$ZnBr_2$	—	—	230,6	286,6	305,3	10
$MgCl_2$	—	—	—	—	1400	33
$Na_2S_2O_3$	548	761,3	1051	1451	1895	45
$Mg(NO_3)_2$	—	—	1261	1659	2169	54
$Ca(NO_3)_2$	746,6	954,6	1288	1605	2005	55
NaBr	—	959,9	1400	1787	2240	60
NH_4NO_3	917,3	1193	1566	1992	2524	67
$NaNO_3$	950,6	1313	1804	2364	3076	77
NaCl	923,6	1279	1807	2381	3253	77
NH_4Cl	969,3	1353	1856	2416	3281	79
$Ca(NH_2)_2$	997,2	1365	1873	2408	3078	80
$(NH_4)_2SO_4$	971,9	1355	1896	2600	3362	81
Na_2SO_4	909,3	1333	1927	2748	3633	82
KCl	1055	1445	1968	2636	3733	84
$NaSO_3$	1075	1487	2038	2762	3706	87
$CdSO_4$	1099	1511	2077	2812	3768	89
Na_2CO_3	—	1601	2090	2704	3465	89
$CdBr_2$	—	—	2120	2820	3678	90
$ZnSO_4$	1189	1597	2126	2802	3661	91
$NH_4H_2PO_4$	1192	1658	2146	2921	3890	92
KNO_3	1183	1635	2161	2925	3845	92
$CaH_4(PO_4)_2$	1193	1689	2202	3052	3980	94
KH_2PO_4	1195	1683	2251	3034	3946	96
$MgSO_4$	—	—	—	—	4000	97
K_2SO_4	1208	1701	2306	3141	4112	98

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

УПРУГОСТЬ НАСЫЩЕННОГО ВОДЯНОГО ПАРА Е, Па, ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУР ПРИ B= 100,7 кПа

Таблица 1

Для температур от 0 до —40 °С (над льдом)

t, °С	E	t, °С	E	t, °С	E	t, °С	E	t, °С	E
0	611	—0,4	592	—0,8	573	—1,2	553	—1,6	535
—0,2	601	—0,6	581	—1	563	—1,4	544	—1,8	527

Продолжение

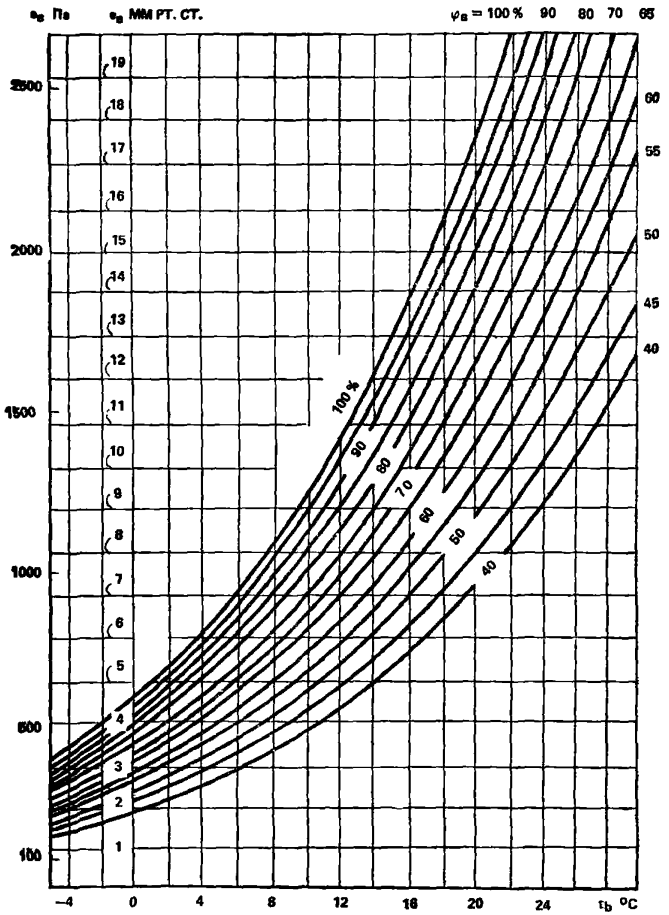
t, °C	*E*	*t*, °C	*E*	*t*, °C	*E*	*t*, °C	*E*	*t*, °C	*E*
—2	517	—7	338	—11,8	221	—16,8	140	—24	69
—2,2	509	—7,2	332	—12	217	—17	137	—24,5	65
—2,4	400	—7,4	327	—12,2	213	—17,2	135	—25	63
—2,6	492	—7,6	321	—12,4	209	—17,4	132	—25,5	60
—2,8	484	—7,8	315	—12,6	207	—17,6	129	—26	57
—3	476	—8	310	—12,8	203	—17,8	128	—26,5	53
—3,2	468	—8,2	304	—13	199	—18	125	—27	51
—3,4	460	—8,4	299	—13,2	195	—18,2	123	—27,5	48
—3,6	452	—8,6	293	—13,4	191	—18,4	120	—28	47
—3,8	445	—8,8	289	—13,6	188	—18,6	117	—28,5	44
—4	437	—9	284	—13,8	184	—18,8	116	—29	42
—4,2	429	—9,2	279	—14	181	—19	113	—29,5	39
—4,4	423	—9,4	273	—14,2	179	—19,2	111	—	—
—4,6	415	—9,6	268	—14,4	175	—19,4	109	—30	38
—4,8	408	—9,8	264	—14,6	172	—19,6	107	—31	34
—5	402	—	—	—14,8	168	—19,8	105	—32	34
—5,2	395	—10	260	—15	165	—	—	—33	27
—5,4	388	—10,2	260	—15,2	163	—20	103	—34	25
—5,6	381	—10,4	251	—15,4	159	—20,5	99	—35	22
—5,8	375	—10,6	245	—15,4	159	—21	93	—36	20
—6	369	—10,8	241	—15,8	153	—21,5	89	—37	18
—6,2	363	—11	237	—16	151	—22	85	—38	16
—6,4	356	—11,2	233	—16,2	148	—22,5	81	—39	14
—6,6	351	—11,4	229	—16,4	145	—23	77	—40	12
—6,8	344	—11,6	225	—16,6	143	—23,5	73	—41	11

Таблица 2

Для температур от 0 до 50 °С (над водой)

°С	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	611	615	620	624	629	633	639	643	648	652
1	657	661	667	671	676	681	687	691	696	701
2	705	711	716	721	727	732	737	743	748	753
3	759	764	769	775	780	785	791	796	803	808
4	813	819	825	831	836	843	848	855	860	867
5	872	879	885	891	897	904	909	916	923	929
6	935	941	948	956	961	968	975	981	988	995
7	1001	1009	1016	1023	1029	1037	1044	1051	1059	1065
8	1072	1080	1088	1095	1103	1189	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1164	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1285	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1323
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1479	1488
13	1497	1508	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1577	1588
14	1599	1609	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1695
15	1705	1716	1727	1739	1749	1761	1772	1784	1795	1807
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1986	2000	2012	2025	2037	2050
18	2064	2077	2089	2102	2115	2129	2142	2156	2169	2182
19	2197	2210	2225	2238	2252	2266	2281	2294	2309	2324
20	2338	2352	2366	2381	2396	2412	2426	2441	2456	2471
21	2488	2502	2517	2533	2542	2564	2580	2596	2612	2628
22	2644	2660	2676	2691	2709	2725	2742	2758	2776	2792
23	2809	2826	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
24	2984	3001	3020	3038	3056	3074	3093	3112	3130	3149
25	3168	3186	3205	3224	3244	3262	3282	3301	3321	3341
26	3363	3381	3401	3421	3441	3461	3481	3502	3523	3544
27	3567	3586	3608	2628	3649	3672	3692	3714	3796	3758
28	3782	3801	3824	3846	3869	3890	3913	3937	3960	3982
29	4005	4029	4052	4076	4100	4122	4146	4170	4194	4218
30	4246	4268	4292	4317	4341	4366	4890	4416	4441	4466

ЗАВИСИМОСТЬ УПРУГОСТИ ВОДЯНОГО ПАРА $e_в$ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ $t_в$ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ $\varphi_в$ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА



Зависимость упругости водяных паров $e_в$ от температуры $t_в$ и относительной влажности $\varphi_в$ внутреннего воздуха

ИЗОЛИНИИ СОРБЦИОННОГО ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ КЕРАМЗИТОБЕТОНА $\gamma = 1200$ кг/м^3, СОДЕРЖАЩЕГО ХЛОРИДЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$, %, И МАССОВОГО СОЛЕСОДЕРЖАНИЯ С, %

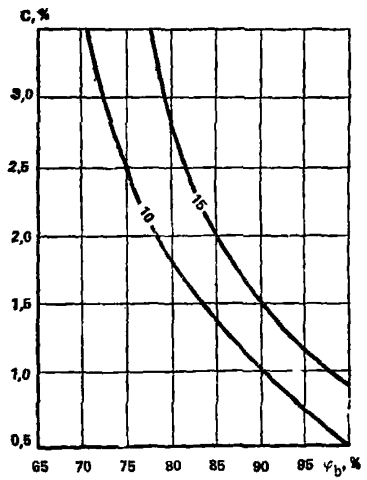


Рис. 1. Изолинии сорбционного влагосодержания керамзитобетона $\gamma_0 = 1200$ кг/м^3, содержащего хлорид натрия, при изменении относительной влажности воздуха $\varphi_в$, %, и массового солесодержания С, %

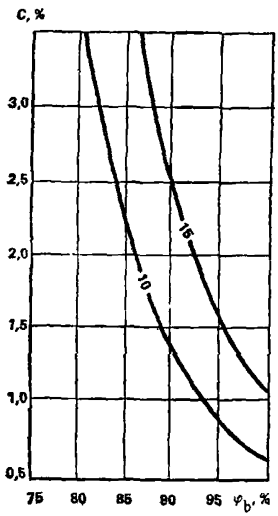


Рис. 2. Изолинии сорбционного влагосодержания керамзитобетона $\gamma_0 = 1200$ кг/м^3, содержащего хлорид калия при изменении относительной влажности воздуха $\varphi_в$, %, и массового солесодержания С, %

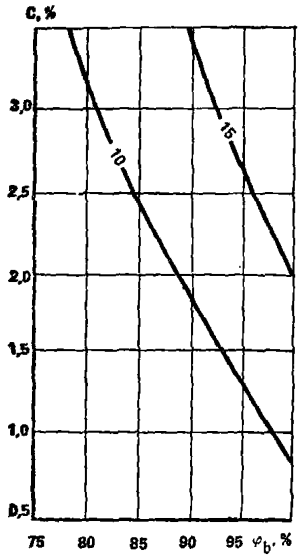


Рис. 3. Изолинии сорбционного влагосодержания керамзитобетона $\gamma_0 = 1200$ кг/м^3, содержащего хлорид магния, при изменении относительной влажности воздуха, $\varphi_в$, %, и массового солесодержания С, %

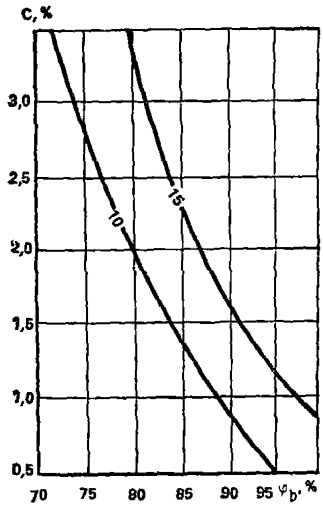


Рис. 4. Изолинии сорбционного влагосодержания керамзитобетона $\gamma_0 = 1200$ кг/м^3 при изменении относительной влажности воздуха $\varphi_в$, %, и массового солесодержания С, %, в стенах флотофабрик (NaCl — 60 %, KCl — 30 %, $MgCl_2$ — 10 %)

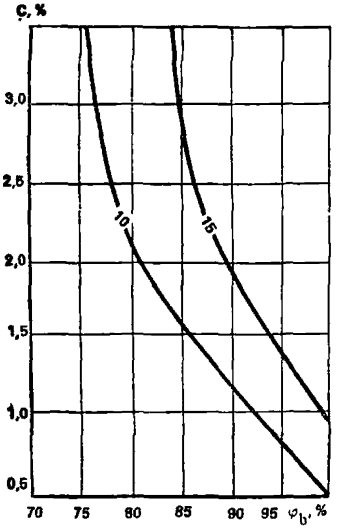


Рис. 5. Изолинии сорбционного влагосодержания керамзитобетона $\gamma_0 = 1200$ кг/м³ при изменении относительной влажности воздуха $\varphi_в$, %, и массового солесодержания С, %, в стенах цехов дробления руды (NaCl — 50 %; KCl — 30 %, $MgCl_2$ — 20 %)

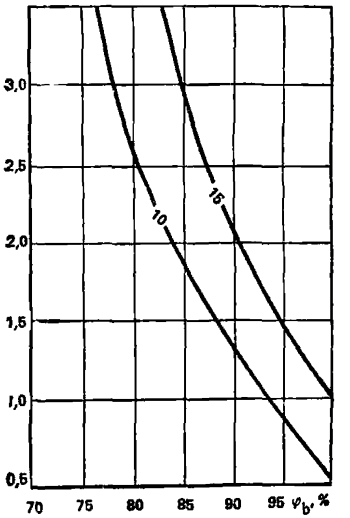


Рис. 6. Изолинии сорбционного влагосодержания керамзитобетона $\gamma_0 = 1200$ кг/м³ при изменении относительной влажности воздуха $\varphi_в$, %, и массового солесодержания С, %, в стенах цехов сушки (NaCl — 30 %; KCl — 60 %; $MgCl_2$ — 10 %)

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОДНОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Программа KLIMAT разработана на базе общих принципов расчета долговечности наружных стен, изложенных в разд. 7. Она позволяет, основываясь на метеорологических данных о климате района строительства, определить долговечность однослойных наружных ограждающих конструкций.

2. Расчет долговечности по программе KLIMAT осуществляется в три этапа:

на первом строится математическая модель хода среднесуточных температур наружного воздуха, для этого используется разложение функции реального хода среднесуточных температур в тригонометрические ряды Фурье;

на втором этапе рассчитывается температура в стеновом ограждении от каждой из отдельных составляющих построенной математической модели, при этом используются известные решения задач об изменении температуры в стенке при изменении температуры воздуха со стороны наружной поверхности стены по квазистационарному и гармоническому законам;

на третьем этапе проводится расчет параметров, необходимых для определения долговечности ограждения по комплексному методу, изложенному в разд. 7.

3. Описанный расчет осуществляется по климатическим данным за один год, на котором выделяются два расчетных (активных) периода; зимне-весенний и летне-осенний, характеризующиеся максимальным для данного года числом переходов через ноль градусов температуры наружного воздуха.

Расчет долговечности для одного ограждения по программе KLIMAT осуществляется по данным о среднесуточных температурах наружного воздуха для каждого года из последних пяти лет из метеорологических ежегодников.

Значения долговечности определяются для последовательного ряда слоев стенового ограждения, на который оно разбивается. За окончательное значение долговечности ограждения принимается среднее значение долговечности его наименее долговечного слоя. В каждом выбранном слое стены значение долговечности вычисляется как среднее из соответствующих значений по каждому году из пяти выбранных лет.

Программа написана на языке Фортран-4 для ЭВМ серии ЕС. Объем машинной памяти, необходимый для ее реализации, 26 кбайт.*

Исходные данные для расчета долговечности наружной стены по программе KLIMAT

4. Ввод данных о материале и геометрических размерах наружной стены осуществляется оператором READ на строке 10 в формате *F*12.6, посредством которого происходит считывание с перфокарт значений следующих величин: $\alpha_н$, $\alpha_в$, $\lambda_м$, δ, $t_в$, $a_м$, $C_м$, $\gamma_м$, $\bar{N}$, b_0, b_1, b_2, b_3.

Значения $\alpha_в$, $\alpha_н$ приведены в табл. [4*] и [6*].

Значение $\lambda_м$ принимается соответствующим среднему для всей стены массовому отношению влаги в материале в эксплуатационных условиях $w_{ср}=KC$, где $K=0{,}71$ для материалов, у которых величина C определяется по формуле (1).

Для материалов, у которых вид расчетной эпюры распределения

* Программа KLIMAT сдана в МОФАП при ЦНИИПроект, шифр Ч-47Н.

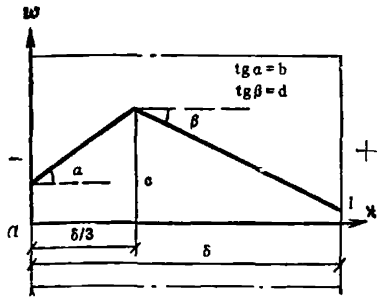


Рис. 1. Расчетная эпюра распределения влажности по толщине наружной стены

влажности определен по данным натурных обследований (см. табл. 1), $w_{ср}=0{,}16a+0{,}83C-0{,}22d\delta$. *Для определения* $\lambda_м$ *используются* экспериментальные данные о зависимости $\lambda_м$ от w. При их отсутствии производится линейная интерполяция на случай $w=w_{ср}$ данных приложения [3*], относящихся к условиям эксплуатации Б.

Расчетная эпюра распределения влажности по толщине наружной стены приведена на рис. 1. Параметры этой эпюры, характерные для наружных однослойных стен зданий, строящихся в северной строительно-климатической зоне, по данным их натурных обследований для трех материалов приведены в табл. 1.

Анализ большого числа данных натурных обследований наружных стен показал, что для однослойных стен без облицовки или с наружными защитными слоями, имеющими обычную паропроницаемость, значение массовых отношений влаги в толще ограждения близки на летне-осеннем и зимне-весеннем периодах, поэтому их можно принимать одинаковыми и равными $w_{ср}$. Для материалов, *не указанных в табл. 1, при отсутствии данных натурных обследований* при расчете долговечности наружных стен можно принимать

$$C = w + \Delta w_{ср}, \qquad (1)$$

где w — расчетное массовое отношение влаги в материале в эксплуатационных *условиях, принимаемое по прил.* [3*]; $\Delta w_{ср}$ — его пре-

Таблица 1

Значения коэффициентов расчетной эпюры распределения влажности по толщине однослойных наружных стен из некоторых материалов

Материал	a, % по массе	b, % по массе/см	c, % по массе	d, % по массе/см
Ячеистый бетон $\gamma_0=700$ кг/м³	5,6	0,46	11,1	—0,4
Керамзитобетон $\gamma_0=1000$ кг/м³	3,3	0,85	14,6	—0,4
Шунгизитогазобетон $\gamma_0=1160$ кг/м³	3,7	0,93	14,4	—0,56

дельно допустимое приращение, принимаемое по табл. [14*] $a = 0{,}6$ С; $b = 1{,}2a/\delta$; $d = c/\delta$.

Толщина ограждения δ задается в метрах. Значение $t_в$, °С, принимается по ГОСТ 12.1.005—88 и нормам проектирования зданий, для жилых зданий $t_в = 18$ °С.

Температуропроводность $a_м$ для материалов во влажном состоянии определяется по формуле

$$a_м = \frac{\lambda_м (w_{ср})}{\gamma_0 C_0 \left(1 + \frac{C_ж}{C_0} w_{ср}\right)}, \quad (2)$$

где $C_ж$ — 4,19 кДж/(кг·°С) удельная теплоемкость воды; C_0 — то же для материала стены в сухом состоянии (принимается по прил. [3*]); γ_0 — *плотность материала в сухом состоянии (указана там же).*

Объемная теплоемкость $C_м\gamma_м$ и плотность $\gamma_м$ материала во влажном состоянии определяются по формулам:

$$C_м \gamma_м = C_0 \gamma_0 + C_ж (w_{ср} \gamma_0); \quad (3)$$

$$\gamma_м = \gamma_0 (1 + w_{ср}). \quad (4)$$

Марка материала по морозостойкости принимается по результатам стандартных испытаний на морозостойкость.

Коэффициенты регрессии, используемые в программе, b_0, b_1, b_2, b_3 принимаются по табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов регрессии для определения фазового состава влаги в порах материалов

Материал	γ_0, кг/м³	$b_0 \cdot 10^2$, кг/кг	b_1	b_2, °С	$b_3 \cdot 10^2$, (кг/кг)°С
Цементно-песчаный раствор	2120	3,239	0,411	0,052	—1,637
	1935	0,549	0,786	0,573	—0,605
	1725	2,197	0,260	1,915	—1,193
Шунгизитогазобетон	1160	4,063	0,219	—3,875	—0,304
Керамзитобетон	1430	3,833	0,219	—4,269	—0,340
	1000	4,448	0,129	0,934	—1,758
Ячеистый бетон	850	2,353	0,242	—7,670	—1,135

где N — соответствует числу суток в выбранном интервале времени на изучаемом активном периоде года. Непременным условием реализации программы является задание числа N четным; $D1$ — разность между среднесуточными температурами наружного воздуха первых и последних суток на данном активном периоде года TN и $D1$ — определяются по метеорологическим данным о среднесуточных температурах наружного воздуха в районе строительства; TN — среднесу-

точная температура наружного воздуха в первые сутки на выбранном интервале времени для каждого активного периода года; A_c — амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха средняя для всего активного периода года. Значение A_c может быть взято по метеорологическим ежегодникам, непосредственно по данным ближайшей к пункту строительства метеостанции или определено с учетом данных СНиП 2.01.01—82.

$w_р$ и $w_н$ берутся из табл. 18 и 19 разд. 7; a, b, d — принимаются из табл. 1.

5. Ввод значения IKLMN в формате 18, соответствующего числу активных периодов года (строка 18), осуществляется оператором READ на протяжении одного года обычно наблюдается два периода (IKLMN=2),

6. Ввод климатических данных и данных о влажностном состоянии материала ограждения осуществляется в формате F6.1 на строке 23. Ввод производится один раз для каждого активного периода года, в результате чего осуществляется считывание с перфокарт значений величин N, $D1$, TN, A_c, $w_р$, $w_н$, a, b, d.

Таблица 3

Исходные данные к расчету по программе

Величина	Идентефикатор	Числовое значение по периодам	
		летне-осенний	зимне-весенний
$\alpha_м$, Вт/(м²·°С)	*AL2*	23	23
$\alpha_в$, Вт/(м²·°С)	*AL*1	8,7	8,7
$\lambda_м$, Вт/(м·°С)	*LA*	0,47	0,47
δ, м	H3	0,35	0,35
$t_в$, °С	TB	18	18
$a_м$, м²/ч	AO	0,00124	0,00124
$C_м$, кДж/(кг·°С)	CИ	1,087	1,087
$\gamma_м$, кг/м³	OM	1253	1253
$\overline{N}$, цикл	OM	50	50
$b_0 \cdot 10^2$, кг/кг	B1	4,063	4,063
b_1	B11	0,219	0,219
b_2, °С	B12	—3,875	—3,875
b_3, (кг/кг)°С	B13	—0,304	—0,304
IKLMN	IKLMN	2	2
N, сут	*N*	10	10
$D1$, °С	*D*1	—16,5	14,2
$t_н$, °С	*TN*	6,5	—4,2
$A_{сут}$, °С	AMP	3,3	3
$w_р$, %	*WR*	2,2	2,2
$w_н$, %	*WN*	33	33
a, %	A6	6,3	6,3
b, %/м	B6	54	54
d, %/м	B7	—42	—42

Продолжение табл. 3

Величина	Идентефикатор	Числовое значение по периодам	
		летне-осенний	зимне-весенний
Массив значений среднесуточных температур наружного воздуха, °С	$Y = (I)$ $I = 1, \ldots, 10$	6,5 —6,5 —25 3,1 1 —2,1 —1 2,2 1 —10	—4,2 5,1 1,2 —21,1 1 1 1,5 —6,5 —1,1 10

Таблица 4

Величина	*x*, м						
	0,01	0,0483	0,06	0,0775	0,1067	0,165	0,34
$t_{из}$, °С (TNZ)	—4,65	—2,27	—2	—1,71	—1,4	—0,58	—0,62
	Летне-осенний период						
Амплитуды заморозков в слое, °С	—9,3	—6,3	—4,8	—2,6	—	—	—
	Зимне-весенний период						
	—8,2	—5,7	—4,9	—4,3	—2,9	—0,1	—
	—8,7	—8,5	—7,7	—6,5	—4,42		
	—1	—1,1	—0,6				
Долговечность 0, лет материала слоя (*DUR*)	102	70	77	72	93	—	—

7. Ввод хода среднесуточных температур осуществляется в формате F8.1 (строка 27). Необходимо задавать среднесуточные температуры в виде одномерного массива с числом значений N, которое выбирается таким образом, чтобы в активный период года попали все случаи переходов через 0 °С на данном летне-осеннем и зимне-весеннем периоде.

8. Образец результатов расчета приводится в примере.

Пример. Стеновое ограждение жилого здания толщиной 0,35 м из шунгизитогазобетона $\gamma_м$=1253 кг/м³, $\lambda_м$=0,47 Вт/(м·°С), марка по морозостойкости F50, эксплуатируется в климатических условиях г. Архангельска. Распределение влажности по толщине стенового ограждения известно: a=6,3 %, b=54 %/м, d=—42 %/м.

Необходимо определить долговечность стенового ограждения.

Примечание. Для сокращения объема вычислений и времени счета в иллюстративном примере взят в качестве расчетного непродолжительный интервал времени, равный для каждого из двух активных периодов года 10 сут (N=10).

За окончательное значение срока службы стенового ограждения принимается соответствующее значение для наименее долговечного слоя. Таким образом, срок службы стенового ограждения 0=70 лет.

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЙ НА МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРАХ

Программы предназначены для вычислений на микрокалькуляторах типа «Электроника» БЗ-34, МК-54, МК-56, МК-61 и МК-52. Каждая программа содержит описание назначения программы, ее алгоритм, текст самой программы, порядок ввода численных значений и контрольный текст. В памяти микрокалькулятора не могут быть размещены все программы, поэтому они объединены по группам. С каждой программой группы можно работать самостоятельно, однако для удобства работы рекомендуется вводить все программы группы. Если в процессе работы необходимо перейти от одной группы программ к другой, то необходимо каждую группу программ вводить заново с клавиатуры.

В микрокалькуляторе МК-52 возможно записать часть групп программ в постоянное запоминающее устройство и вызывать их по мере надобности без ручного набора.

Краткие методические указания

1. Для ввода программ каждой группы необходимо выполнить на микрокалькуляторе следующую последовательность операций (нажатий клавиш) ГПРГ. Если программа начинается не с адреса 00, то перед указанной последовательностью выполняют операции БП

<адрес>. По завершении набора программ выполняют последовательность операций FABT.

При вводе каждого шага программы набирается только первая часть после точки (см. табл. 4). Левая часть до точки высвечивается автоматически в двух правых разрядах экрана.

2. Запуск программы на счет осуществляется последовательностью В/О С/П в случае, если программа начинается с адреса 00, и последовательностью БП<адрес>С/П в других случаях.

3. До начала счета согласно инструкции к программе в отдельные регистровые ячейки памяти необходимо ввести численные значения. Порядок ввода следующий: <численное значение>П<адрес ячейки>. Адрес ячейки может быть от 0 до 9 и А, В, С, Д, знак числа вводится в конце набора. Дробная часть от целой отделяется запятой. Например, число — 148,12 вводится нажатием клавишей в последовательности 1 4 8, 12 /—/.

При вводе числа с порядком вначале вводится мантисса числа и знак числа, затем ВП, и, наконец, вводится порядок и знак порядка. Например, число $-148{,}12 \cdot 10^{-15}$ вводится нажатием клавиш 1 4 8,12 /—/ ВП 1 5 /—/. При ошибке набора числа нажмите клавишу C_x и повторите набор. Проверить набранное значение можно последовательностью ИП<адрес ячейки>.

4. Ввод исходных данных в процессе счета выполняется в строго перечисленной инструкцией последовательностью. Причем, после набора числа в зависимости от указаний инструкции необходимо выполнить операцию С/П или ↑.

5. Результаты расчета получают согласно инструкции либо на экране, либо в регистровых ячейках памяти. Вызов результатов из ячеек памяти см. в п. 3.

Программы расчета разд. 2 «Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций»

6. Первая группа программ расчета по формулам [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7].

Распределение регистровой памяти:

П0—R_o, П1—D, П2—$\alpha_н$, П3 — счетчик слоев, П4—$\alpha_в$, П5—$R_0^{тр}$, П7—$R_к$, П8—$R_а$, ПА—$R_б$. Условные обозначения те же, что приняты в СНиПе.

Распределение программной памяти и назначение программ приведены в табл. 1. До начала расчета исходные данные $\alpha_н$ и $\alpha_в$ вводятся в регистры П2 и П4. Остальные данные вводятся в процессе счета согласно инструкций, помещенных в табл. 2. Текстовые примеры приведены в табл. 3, тексты программ — в табл. 4.

Каждая программа может быть использована самостоятельно, кроме программы 2, Программы 3, 4 и 5 при работе используют под-

Таблица 1

Назначение программ первой группы

№ программы	Назначение программ	Места, занимаемые в памяти
1	Расчет $R_o^{тр}$ по формуле [1]	00—09
2	Программа расчета по формуле [3]	09—11
3	Расчет D по формуле [2]	12—25
4	» R_o и $R_к$ по формулам [4] и [5]	26—48
5	» $R_а$ по формуле [6]	49—74
6	» $R_к^{пр}$ по формуле [7] и $R_o^{пр}$	75—98

Таблица 2

Инструкция по выполнению счета по программам первой группы

№ программы	Последовательность работы с программами
1	В/О С/П $(\Delta t^н)\uparrow(n)\uparrow(t_в)\uparrow(t_н)$ С/П $R_o^{тр}$
3	(k) БП 12 С/П (s) С/П $(\delta)\uparrow(\lambda)$ С/П D последовательность исполняется k раз
4	(k) БП 26 С/П $(\delta)\uparrow(\lambda)$ С/П $R_к$ С/П R_0 последовательность исполняется k раз
5	(m) БП 49 С/П (F) С/П (k) С/П $(\delta)\uparrow(\lambda)$ С/П $R_к$ С/П R_0 С/П $R_а$ П8 последовательность исполняется k раз последовательность исполняется m раз
6	До начала расчета исполнить 0 ПА $\Sigma\bar{R}_к$ по однородным участкам 1 БП 26 С/П$(\delta)\uparrow(\lambda)$ С/П $R_к$ ИПА+ПА $\Sigma R_к$ по неоднородным участкам $(\bar{m})$ БП 49 С/П F С/П (k) С/П $(\delta)\uparrow(\lambda)$ С/П С/П С/П $R_а$ ИПА+ПА исполнить k раз исполнить m раз

Продолжение табл. 2

№ программы	Последовательность работы с программами
	Б/П 75 С/П _____ % С/П $R_к^{пр}$ С/П $R_о^{пр}$ если меньше 25 %, то продолжать

Примечания: 1. В круглых скобках приведены вводимые величины. 2. k — число слоев данной конструкции или участка, m — число участков, на которые условно разрезается конструкция. 3. При выполнении программ 4 и 5 перед вводом δ высвечивается номер слоя, считая от последнего, кроме того для программы 5 перед вводом F высвечивается номер участка, считая от последнего. 4. Площади участков считают последовательностью:

(число повторений) ↑ (длина одного участка) × (результат (площадь)).

5. Рекомендуется следующая последовательность исполнения программ: 1, 3 (снова 1, если меняется $t_н$), 4, 5 и 6.

Таблица 3

Тестовые примеры программ первой группы

№ программы	Последовательность работы с программами и результаты
1	23 П2 8,7 П4 В/О С/П 8↑1↑18↑35/—/ С/П 0,76149419 $\{R_б^{тр}\}$
3	3 БП12 С/П [3] 8,12 С/П 0,01↑0,52 С/П [2]0,55 С/П 0,08↑0,041 С/П [1] 8,12 С/П 0,01↑0,52 С/П 1,3854783{D}
4	3 БП26 С/П [3] 0,01↑0,52 С/П [2] 0,08↑ 0,041 С/П [1] 0,01↑0,52 С/П 1,9896811{$R_к$} С/П 2,1481019{R_0}
5	2 БП49 С/П [2] 0,42 С/П 1 С/П [1] 0,1↑0,52 С/П 0,19230769{R_1} С/П 0,35072847{R_0} С/П [1] 3,024 С/П 3 С/П [3] 0,01↑0,52 С/П [2] 0,08↑0,041 С/П [1] 0,01↑0,52 С/П 1,9896811{R_2} С/П 2,1481019{R_0} С/П 0,9298454{$R_а$} П8

Продолжение

№ программы	Последовательность работы с программами и результаты
6	0 ПА {первый участок} 1 БП 26 С/П [1] 0,01↑0,52 С/П 0,0192308{$R_{к_1}$} ИПА+ПА 0,0192308{$\Sigma R_к$} {второй участок} 2 БП 49 С/П [2] 0,42 С/П 1 С/П[1]0,08↑0,52 С/П С/П С/П [1] 3,024 С/П 1 С/П [1] 0,08↑0,041 С/П С/П С/П 0,80471{$R_{к_2}$} ИПА+ПА 0,823941 {$\Sigma R_к$} {третий участок} 1 БП 26 С/П [1] 0,01↑0,52 С/П 0,0192308{$R_{к_3}$} ИПА+ПА 0,843172{$R_к$} БП 75 С/П $\frac{10,28}{<25\ \%}$ С/П 0,872063{R $\{R_к^{пр}\}$ С/П 1,0304839 $\{R_o^{пр}\}$

Примечание. Цифры в квадратных скобках, высвечивающиеся на экране, либо номер участка, либо номер слоя. Их вводить не надо. Вслед за подчеркнутым результатом расчета в фигурных скобках дано условное обозначение его в соответствии с формулой.

Таблица 4

Тексты программ первой группы

№ программы	Тексты программ					
1	*F* ПРГ 00.С/П 06.*F* 1/*X*	01. — 07. ×	02. × 08.П5	03. ⇄ 09.С/П	04. ÷	05.ИП4
2	10. ÷	11.В/О				
3	12.П3 18.09 24.15	13.0 19. × 25.С/П	14.П1 20.ИП1	15.ИП3 21. +	16.С/П 22.П1	17.ПП 23.*FL*3
4	26.П3 32.ИП0 38.С/П 44. +	27.0 33. + 39.ИП4 45.П0	28.П0 34.П0 40.*F*1/*X* 46.С/П	29.ИП3 35.*FL*3 41.ИП2 47.В/О	30.ПП 36.29 42.*F* 1/*X* 48.С/П	31.09 37.П7 43. +

Продолжение

№ программы	Тексты программ					
5	49.П1	50.0	51.ПС	52.0	53.ПВ	54.ИП1
	55.С/П	56.ПД	57.ИПС	58. +	59.ПС	60.С/П
	61.ПП	62.26	63.ИПД	64.ИП7	65. ÷	66.ИПВ
	67. +	68.ПВ	69.*FL*1	70.54	71.ИПС	72. ⇄
	73. ÷	74.С/П				
6	75.ИП8	76.ИПА	77. —	78.ИПА	79. ÷	80.2
	81.*F* 10^x	82. ×	83.С/П	84.ИПА	85.2	86. ×
	87.ИП8	*88.* +	*89.3*	*90.* ÷	*91.С/П*	*92.ИП4*
	93.*F* 1/*X*	94.ИП2	95.*F* 1/*X*	96. +	97. +	98.С/П
						F АВТ

Таблица 5

Назначение программ второй группы

№ программы	Назначение программ	Места, занимаемые в памяти
1	Расчет $\tau_в$ по формуле [12]	00—11
2	Подпрограмма части расчета	12—20
3	» расчета по формуле [4]	21—37
4	» » R по формуле [3]	39—41
5	Расчет R_o'	42—46
6	» $R_o^{усл}$	47—51
7	» $\tau_в'$ по формуле [13]	52—75
8	» $\tau_в'$ » » [13а]	76—97

программу 2, программа 5 использует программу 4, программа 6 использует результаты расчета программы 4 и 5.

7. Вторая группа программ расчета по формулам [12], [13], [13а].

Распределение регистровой памяти: П0—R_o, П2—$\alpha_н$, П3 — счетчик слоев, П4—$\alpha_в$, П5—$t_в$, П6—$\tau_в$, П7—R_o', П8—$R_o^{усл}$, П9—$\tau_в'$, П1—рабочая ячейка.

Распределение программной памяти и назначение программ приведено в табл. 5. Исходные данные $\alpha_н$ и $\alpha_в$ вводятся в регистры П2 и П4 перед расчетом, а R_o или $R_o^{усл}$ вводятся в регистр П0 или определяются расчетом по программе 6 данной группы. Остальные данные вводятся в процессе счета. Инструкции исполнения программ приведены в табл. 6, тестовые примеры в табл. 7 и тексты программ в табл. 8.

Таблица 6

Инструкция по выполнению счета по программам второй группы

№ программы	Последовательность работы с программами
1	В/О С/П $(n)\uparrow(t_н)\uparrow(t_в)$ С/П $\tau_в$
5	(k) БП42 С/П $\underbrace{(\delta)\uparrow(\lambda)\ \text{С/П}}_{\text{последовательность исполняется } k \text{ раз}}$ R_0'
6	(k) БП47 С/П $\underbrace{(\delta)\uparrow(\lambda)\ \text{С/П}}_{\text{последовательность исполняется } k \text{ раз}}$ $R_0^{усл}$ П0
7	БП52 С/П (η) С/П $(n)\uparrow(t_н)\uparrow(t_в)$ С/П $\tau_в''$
8	БП76 С/П (ξ) С/П $(n)\uparrow(t_н)\uparrow(t_в)$ С/П $\tau_в'$

Примечания: 1. В круглых скобках приведены вводимые величины, k — число слоев конструкции. 2. Рекомендуется следующая последовательность исполнения программ: 6, 1, 5, 7 или 8. 3. Коэффициент $1+e^{-51}K\eta$ вычислять последовательностью $\text{L}\uparrow 5\times|-|\times\times Fe^x 1+\eta\times$.

Таблица 7

Тестовые примеры программ второй группы

№ программы	Последовательность работы с программами и результаты
6	23 П2 8,7 П4 3 БП47 С/П [3] 0,01↑0,52 С/П [2] 0,08↑ 0,041 С/П [1] 0,01↑0,52 С/П 2,1481019 П0 $\{R_0^{усл}\}$
1	В/О С/П 1↑35/—/↑18 С/П 15,16403$\{\tau_в\}$
5	1 БП42 С/П [1] 0,1↑0,52 С/П 0,35072847 $\{R_0'\}$ 0,084↑5 ×/—/ Fe^x 1+0,275×0,45568787$\{\eta\}$
7	БП52 С/П 0,456 С/П 1↑35 /—/↑18 С/П 8,536772 $\{\tau_в''\}$

(См. примеч. к табл. 3.)

Таблица 8

Тексты программ второй группы

№ программы	Тексты программ
1	*F* ПРГ 00.0 01.П6 02.ПП 03.12 04.ИП0 05.*F* 1/*X* 06.×07.ИП5 08.⇄ 09.— 10.П6 11.С/П
2	12.С/П 13.П5 14.⇄ 15.— 16.*X* 17.ИП4 18.*F*1/*X* 19.×20.В/О
3	21.0 22.П1 23.ИП3 24.ПП 25.39 26.ИП1 27.+ 28.П1 29.*FL*3 30.23 31.ИП4 32.*F*1/*X* 33.ИП2 34.*F*1/*X* 35.+ 36.+ 37.В/О
4	39.С/П 40.÷ 41.В/О
5	42.П3 43.ПП 44.21 45.П7 46.С/П
6	47.П3 48.ПП 49.21 50.П8 51.С/П
7	52.0 53.П9 54.ИП8 55.ИП7 56.÷ 57.1 58.— 59.С/П 60.× 61.1 62.+ 63.П9 64.ПП 65.12 66.ИП8 67.*F*1/*X* 68.ИП9 69.× 70.× 71.ИП5 72.⇄ 73.— 74.П9 75.С/П
8	76.0 77.П9 78.1 79.ИП8 80.ИП4 81.С/П 82.× 83.× 84.+ 85.П9 86.ПП 87.12 88.ИП8 89.*F* 1/*X* 90.× 91.ИП9 92.× 93.ИП5 94.⇄ 95.— 96.П9 97.С/П *F* АВТ

Каждая программа может быть использована самостоятельно. Программы 1, 7 и 8 при работе используют подпрограмму 2, а программы 5 и 6 — подпрограммы 3 и 4.

8. Третья группа программ расчета по формулам [3], [4], [5], [17] и [17а] СНиП II-3-79**.

Распределение регистровой памяти:

П2—$\alpha_н$, П3 — счетчик слоев, П4—$\alpha_в$, П5—$t_в$, П6—$z_{от.пер.}$, П7—$t_{от.пер.}$, П8—$C_т$, П9—r_*

Результаты вычислений ПА—$R_o^{тр} r_{эф}$, ПВ—R_o, ПС—Т, ПД—П.

Распределение программной памяти и назначение программ приведено в табл. 9. До начала расчета исходные данные $\alpha_н$, $\alpha_в$, $t_в$, $z_{от.пер.}$, $t_{от.пер.}$, $C_т$ вводятся в регистры соответственно П2, П4, П5, П6, П7, П8. Остальные данные вводятся в процессе счета. Инструкция исполнения программ приведена в табл. 10, тестовые примеры в табл. 11 и тексты программ в табл. 12.

Таблица 9

Назначение программ третьей группы

№ программы	Назначение программ	Места, занимаемые в памяти
1	Расчет произведения $R_0^{тр}\ r_{эф}$	00—03
2	Подпрограмма части расчета	04—05
3а	Подбор первого варианта конструкции по условию изменения знака разности $R_0^{тр}\ r_{эф}-R_0$	06—28
3б	Программа 3а включает расчет R_0	06—23
4	Расчет $C_д$ и $П$ по формулам [17а] и [17]	30—71
5	Расчет T по формуле (3)	72—95

Таблица 10

Инструкция по выполнению счета по программам третьей группы

№ программы	Последовательность работы с программами
1	В/О С/П $\left(R_0^{тр}\right)$ ↑ $r_{эф}$ С/П $\left(R_0^{тр} r_{эф}\right)$
3а	$(к)$ БП06 С/П $\underbrace{(\delta) \uparrow (\lambda)\ С/П}_{\text{последовательность исполняется } к\text{—раз}}$ С/П $\left(R_0^{тр} r_{эф}-R_0\right)$
3б	$(к)$ БП06 С/П $\underbrace{(\delta) \uparrow (\lambda)\ С/П}_{\text{последовательность исполняется } к\text{—раз}}$ R_0
4	БП30 С/П $(Ц)$ С/П $(C_м)$ С/П П
5	БП72 С/П $(n) \uparrow (T_2) \uparrow (H)$ С/П $(P) \uparrow (K_1) \uparrow (T_1)$ С/П $(Ц_1) \uparrow (U)$ С/П T

Примечания: 1. В круглых скобках приведены вводимые величины k — число слоев конструкции. 3. Рекомендуется следующая последовательность исполнения программ: 1, 3а, 3б, 5, 4; затем 3б, 5, 4 повторяется по числу вариантов.

Таблица 11

Тестовые примеры программ третьей группы

№ программы	Последовательность работы с программами и результаты
1	23 П2 8,7 П4 18 П5 205 П6 10,1/—/П7 5,02 П8 1 П9 В/0 С/П 0,967 ↑ 1,1 С/П **1.0637** $\{R_0^{тр} \cdot r_{эф}\}$
3а	2 БП 06 С/П [2] 0,445 ↑ 0,52 С/П [1] 0,035 ↑ 0,93 С/П **1.0518244** С/П **0.0118756** $\{R_0^{тр} \cdot r_{эф} - R_0\}$ 2 БП 06 С/П [2] 0,465 ↑ 0,52 С/П [1] 0,035 ↑ 0,93 С/П **1.090286** С/П **—0.02659** $\{R_0^{тр} \cdot r_{эф} - R_0\}$
3б	2 БП 06 С/П [2] 0,415 ↑ 0,52 С/П [1] 0,035 ↑ 0,93 С/П **0,994132** $\{R_0\}$
5	БП 72 С/П 1 ↑ 3 ↑ 25 С/П 0,564 ↑ 1,21 ↑ 1,55 С/П 0,8 ↑ 0,45 С/П **3.532782** $\{T\}$
4	БП 30 С/П 36,1 С/П 1,08 С/П **84,75** $\{П\}$

(См. примеч. к табл. 3.)

Таблица 12

Тексты программ третьей группы

№ программы	Тексты программ					
1	*F* ПРГ 00.С/П	01.×	02.ПА	03.С/П		
2	04.÷	05.В/0				
3	06.П3 12.ИПВ 18.*F*1/*x* 24.С/П 25.ИПА	07.0 13.+ 19.ИП2 26.⇆	08.ПВ 14.ПВ 20.*F*1/*x* 27.—	09.ИП3 15.*FL*3 21.+ 28.С/П	10.ПП 16.09 22.+ 29.ШГ	11.03 17.ИП4 23.ПВ
4	30.0 36.⇄ 42., 48.ИПВ 54.ИПС 60.× 66.5	31.ПД 37.— 43.3 49.ИП9 55.+ 61.С/П 67.×	32.ИП8 38.× 44.ВП 50.× 56.1 62.+ 68.ИПД	33.ИП6 39.× 45.4 51.÷ 57., 63.1 69.+	34.ИП7 40.1 46./—/ 52.ПД 58.0 64., 70.ПД	35.ИП5 41.1 47.× 53.С/П 52.2 65.2 71.С/П
5	72.0 78.0 84.× 90.×	73.ПС 79.1 85.ПС 91.С/П	74.С/П 80.× 86.С/П 92.×	75.↑ 81.1 87.× 93.+	76.0 82.+ 88.ИПС 94.ПС	77., 83.× 89.+ 95.С/П *F* АВТ

Таблица 13

Назначение программ четвертой группы

№ программы	Назначение програм	Места, занимаемые в памяти
1	Расчет $R_0^{'}$	00—04
2	» $R_0^{усл}$	05—09
3	Подпрограмма части расчета	10—26
4	То же	27—29
5	Расчет $\sum_{t=1}^{n} \frac{R_{0t}^{усл}}{R_{0t}^{'}} \cdot a_t \cdot L_t \cdot K_t$ части формулы (5) и накопление ее в П7	30—38
6	Расчет r по формуле (5) и R_0	39—49
7	Определение ψ из формулы (6) методом линейной интерполяции	50—68
8	Вычисление K для металлических теплопроводных включений по формуле (6)	69—82

Таблица 14

Инструкция по выполнению счета по программам четвертой группы

№ программы	Последозательность работы с программами
1	(k) В/О С/П $(\delta)\uparrow(\lambda)$ С/П $R_0^{'}$
2	(k) БП 05 С/П $(\delta)\uparrow(\lambda)$ С/П $R_0^{усл}$
5	БП 30 С/П $(a)\uparrow(L)$ С/П $\sum_{n=1}^{t}$ ИП7+П7
6	БП 39 С/П (F) С/П r С/П R_0
7	БП 50 (h) П9 (X_0) С/П (Y_0) С/П (Y_1) С/П [0] (X) С/П ψ
8	БП 69 С/П $(\lambda)\uparrow(a)\uparrow(\delta)$ С/П K

(См. примеч. к табл. 2.)

Программы 1, 3, 4 и 5 и расчет R_0 могут быть использованы самостоятельно. Программа 3 при работе использует подпрограмму 2.

9. Четвертая группа программ расчета по формулам (5) и (6).

Распределение регистровой памяти:

П1—ψ, П2—$\alpha_в$, П3 — счетчик слоев, П4—$\alpha_в$, П5—R_0', П6—$R_0^{усл}$, П7—$\sum_{i=1}^{n} \frac{R_{0_i}^{усл}}{R_{0_i}'} a_i \cdot L_i \cdot K_i$, П8—$r$ (результат), ПД—K, остальные регистры памяти — рабочие.

Распределение программной памяти и назначение программ приведено в табл. 13. До начала расчета исходные данные $\alpha_н$, $\alpha_в$ соответственно вводятся в П2 и П4, остальные данные вводятся в процессе счета. Инструкция исполнения программ приведена в табл. 14, тестовые примеры в табл. 15 и тексты программ в табл. 16. В случае неметаллических включений K определяется по табл. 7 и п. 2.8 разд. 2, для металлических включений K вычисляется программой.

Таблица 15

Тестовые примеры программ четвертой группы

№ программы	Последовательность работы с программами и результатами
1	23 П2 8,7 П4 1 В/0 С/П [1] 0,102↑58 С/П **0,1601794** $\{R_0'\}$
2	2 БП 05 С/П [2] 0,002↑58 С/П [1] 0,1↑0,04 С/П **2,658455** $\{R_0^{усл}\}$ 0,002↑58↑0,1↑0,04 × + ×29 $<X=29\ Y(X)=\psi$ по таблице 8 Пособия, схема II $X_0=20\ X_1=50\ h=X_1-X_0=30\ Y_0=0{,}665\ Y_1=1{,}254>$
7	БП 50 30 П9 20 С/П 0,665 С/П 1,254 С/П [0] 29 С/П **0,8417** [ψ]
8	БП 69 С/П 0,04↑0,002↑0,1 С/П 40,576553{K}
5	БП 30 С/П 0,002↑6 С/П **8,0812599** $\left\{\sum_{i=1}^{n}\right\}$ ИП7+П7
6	БП 39 С/П 6 С/П 0,42609824{R} С/П 1,132763{R_0}

(См. примеч. к табл. 3.)

В случае неметаллических включений первая строчка 23, в табл. 15 П2 8,7 П4 K ПД.

Последовательность выполнения программ — 1, 2, 5, 6 для неметаллических включений и 1, 2, 7, 8, 5, 6 — для металлических.

При определении коэффициента ψ в формуле (6) находим зна-

чение безразмерного параметра теплопроводного включения

$$\frac{a_т}{\delta_{ут}\lambda_{ут}} = X; \quad \psi = Y(X);$$

по табл. 8 Пособия определяется значение X_0, h, Y_0, Y_1 формулы линейной интерполяции по программе

$$Y(X) = Y_0 + (X - X_0)(Y_1 - Y_0)/h,$$

где $h = X_1 - X_0$.

$$h = x_1 - x_0$$

Таблица 16

Тексты программ четвертой группы

№ программы	Тексты программ				
	*F*ПРГ				
1	00.П3	01.ПП	02.10	03.П5	04.С/П
2	05.П3	06.ПП	07.10	08.П6	09.С/П
3	10.0	11.П1	12.ИП3	13.ПП	14.27
	15.ИП1	16.+	17.П1	18.*FL*3	19.12
	20.ИП4	21.*F*1/$\widetilde{X}$	22.ИП2	23.*F*1/$\widetilde{X}$	24.+
4	25.+	26.В/О	27.С/П	28.÷	29.В/О
5	30.ИП6	31.ИП5	32.÷	33.ИПД	34.С/П
	35.×	36.×	37.×	38.С/П	
6	39.ИП7	40.С/П	41.+	42.1	43.+
	44.*F*1/$\widetilde{X}$	45.П8	46.С/П	47.ИП6	48.×
	49.С/П				
7	50.П0	51.С/П	52ПА	53.С/П	54.ИПА
	55.—	56.ИП9	57.÷	58.ПВ	59.0
	60.С/П	61.ИП0	62.—	63.ИПВ	64.×
	65.ИПА	66.+	67.П1	68.С/П	
8	69.ИП1	70.ИП6	71.÷	72.С/П	73.$F\widetilde{X^2}$
	74.$\rightleftarrows$	75.÷	76.$\rightleftarrows$	77.÷	78.×
	79.1	80.+	81.ПД	82.С/П	*F* АВТ

10. Пятая группа программ расчета коэффициента теплотехнической однородности панелей на гибких связях.

Распределение регистровой памяти: П2—$a_н$, П3 — счетчик, П4—$\alpha_в$, П5 — сумма, П6 — $\delta_п$, П7 — $R_0^{усл}$.

До начала расчета исходные данные $\alpha_н$, $\alpha_в$, $\delta_п$ вводятся в регистры памяти П2, П4, П6 соответственно.

Распределение программной памяти и назначение программ приведено в табл. 17. Данные для расчета вводятся в процессе счета согласно инструкциям, помещенным в табл. 18.

Таблица 17

Назначение программ пятой группы

№ программы	Назначение программ	Маста, занимаемые в памяти
1	Подпрограмма расчета площади зоны влияния F_i горизонтальных и вертикальных стыков по формуле (8)	00—04
2	То же, оконных откосов по формуле (9)	05—17
3	То же, теплопроводных включений прямоугольного сечения по формуле (10)	18—31
4	То же, теплопроводных включений точечного типа по формуле (11)	32—37
5	Программа расчета r по формуле (7) и $R_0^{пр}$ по формуле [12]	38—57
6	Подпрограмма расчета по формуле [3]	57—59
7	Расчет $R_к$ и $R_0^{усл}$ по формулам [5] и [4]	60—79

Таблица 18

Инструкция по выполнению счета по программам пятой группы

№	Последовательность работы с программами
5	(п) БП38 С/П { БП00 С/П (l) С/П; БП05 С/П (l_1) ↑ (l_2) С/П; БП18 СП (a) ↑ (b) С/П; БП32 С/П } — последовательность исполняется п—раз; F_1 С/П F_i С/П r С/П $R_0^{пр}$ — результат
7	к БП60 С/П $\delta \uparrow \lambda$ С/П — последовательность исполняется k раз; $R_к$ С/П R_0 — результат

Примечание. При работе программы 5 при каждом исполнении необходимо выбрать одну из четырех последовательностей команд в фигурных скобках в зависимости от типа теплопроводного включения, например, при двух включениях, первое из которых рассчитывается по подпрограмме 2, а второе по подпрограмме 4 будет следующая последовательность: 2 БП38 С/П БП05...f_1 С/П БП32...f_1 С/П F_0 С/П r С/П $R_0^{пр}$.

Таблица 19

Тестовые примеры программ пятой группы

№ программы	Последовательность работы с программами и результаты
7	23 П2 8,7 П4 0,25 П6 3 БП60 С/П [3] 0,1 ↑ 0,075 С/П [2] 0,05 ↑ 0,15 С/П [1] 0,05 ↑ 0,25 С/П **1,8666667** $R_{от}$
7	3 БП60 С/П [3] 0,1 ↑ 2,04 С/П [2] 0,1 ↑ 0,05 С/П [1] 0,05 ↑ 2,04 С/П **2,073529** С/П **2,2319502** $R_к^{усл}$ $R_0^{усл}$
5	5 БП38 С/П [5] БП00 С/П 6,0 С/П 0,05 С/П [4] БП00 С/П 3,2 С/П 0,05 С/П [3] БП05 С/П 6,0 ↑ 0,5 С/П 0,47 С/П [2] БП18 С/П 0,15 ↑ 0,1 С/П 0,12 С/П [1] БП32 С/П 0,2 С/П 8,0 С/П **0,813704** r С/П **1,816147** $R_0^{пр}$ (См. примеч. к табл. 3.)

Тексты программ пятой группы

Таблица 20

№ программы	Тексты программ				
1	*F* ПРГ 00.ИП6	01. С/П	02.×	03. БП	04.42
2	05.ИП6 10.×	06.С/П 11.*Fπ*	07.+ 12.ИП6	08.× 13. Fx^2	09.2 14.×
3	15.+ 18.ИП6 23.+	16.БП 19.С/П 24.⇄	17.42 20.ИП6 25.ИП6	21.2 26.2	22.× 27.×
4	28.+ 32.ИП6 37.42	29.× 33.Fx^2	30.БП 34.4	31.42 35.×	36.БП
5	38.П3 43.× 48.41 53. *F*1/X	39.0 44.ИП5 49.С/П 54.С/П	40.П5 45.+ 50.÷ 55.ИП7	41.ИП3 46.П5 51.1 56.×	42.С/П 47.*FL*3 52.+ 57.С/П
6	58.÷	59.В/0			
7	60.П3 65.57 70.63 75.*F*1/X *F* АВГ	61.0 66.ИП7 71.С/П 76.+	62.П7 67.+ 72.ИП4 77.+	63.ИП3 68.П7 73.*F*1/X 78.П7	64.ПП 69.*FL*3 74.ИП2 79.С/П

Тестовые примеры приведены в табл. 19, тексты программ в табл. 20.

Программа 7 при работе использует подпрограмму 6, программа 5 использует подпрограммы 1—4 в зависимости от типа теплопроводного включения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

ДИАЛОГОВЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ, ПРЕДУСМОТРЕННЫХ ГЛАВОЙ СНИП II-3-79**

1. Направление, связанное с автоматизацией теплотехнических расчетов, предусмотренных главой СНиП II-3-79**, является закономерным этапом совершенствования качества проектных решений и сокращения сроков проектирования. Бурное развитие средств электронно-вычислительной техники и программного обеспечения, общее повышение уровня компьютерной грамотности инженерно-технического и научного персонала, наличие в большинстве научно-исследовательских и проектных институтов, высших учебных заведений современных мини-ЭВМ (типа СМ-4, СМ-1420) диктуют необходимость разработки соответствующих программных средств. Однако следует подчеркнуть ряд требований, которым должно отвечать подобное прикладное программное средство.

Во-первых, это диалоговый режим работы, обеспечивающий наглядность и простоту информационного обмена, что особенно важно для неспециалистов в области вычислительной техники и программирования. При этом появляется возможность оперативного контроля за ходом расчетов и корректирования как начальных значений, так и данных промежуточных и окончательных результатов. Полный протокол проводимого с ЭВМ диалога, по желанию исполнителя, должен выводиться на алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ),

Во-вторых, программное средство должно обеспечить организацию работы с большими массивами справочной информации путем создания и использования архивов, необходимых для расчетов данных в виде файлов прямого доступа во внешней памяти ЭВМ (на магнитном диске). За счет этого появляется возможность свести к минимуму тот необходимый объем дополнительной справочной информации, который проектировщик вынужден использовать при теплотехнических расчетах в виде различных таблиц, справочников, ГОСТов и т. п.

И, наконец, программное средство должно разрабатываться путем тщательнейшей проработки всех алгоритмов с участием экспертов — опытных специалистов в области строительной теплотехники,

В нем должны быть сохранены структура СНиПа, а также принятая методика и последовательность работы с соответствующими разделами. Таким образом, становится возможным повысить достоверность и улучшить качество проводимых по СНиПу расчетов даже при условии недостаточной квалификации исполнителя и отсутствия у него опыта работы.

2. Работа над созданием подобного программного комплекса была начата в НИИСФе еще в конце 70-х годов. В начале 80-х был создан программный комплекс автоматизации расчетов по главе СНиП II-3-79**. Областью применения программного комплекса является проектирование ограждающих конструкций зданий и исследование их теплотехнических свойств с целью как проверки качества запроектированной (или существующей) конструкции, так и подбора мероприятий по ее улучшению либо отбору наилучшего варианта в процессе проектирования. Данный комплекс состоит из 5-ти программ (по количеству разделов СНиПа), а также двух архивов данных — с теплофизическими характеристиками материалов из прил. 3 СНиП II-3-79** и температурами воздуха по географическим пунктам СССР из табл. 1 СНиП 2.01.01—82. «Строительная климатология и геофизика». Все программы написаны на алгоритмическом языке Фортран-IV и функционируют на ЭВМ СМ-3, СМ-4 под управлением операционной системы ОС РАФОС. Программный комплекс представляет собой открытую систему, составленную по модульному принципу, что дает возможность его дополнения и модификации. Минимальная конфигурация технических средств, необходимая для реализации комплекса — ЭВМ типа СМ-4 с ОЗУ не менее 32К, видеотерминал на магнитной ленте (типа ИЗОТ или СМ-5300), накопитель на магнитном диске (типа СМ-5400), АЦПУ. Программный комплекс был передан в Межотраслевой фонд алгоритмов и программ автоматизированных систем в строительстве МОФАП АСС в 1985 г. (его № 4-27-Н) и с тех пор внедрен более чем в 15 научно-исследовательских и проектных организациях и учебных заведениях страны.

3. В связи с выходом в свет нового СНиП II-3-79**, а также с учетом опыта разработки и эксплуатации описанного в предыдущем пункте комплекса программ, в лаборатории автоматизации исследований и расчетов по строительной физике НИИСФа создан новый диалоговый программный комплекс автоматизации расчетов по всем разделам СНиП II-3-79**.

Следует отметить ряд особенностей нового программного комплекса, таких, как:

более развитую его диалоговую компоненту, предусматривающую три состояния человеко-машинного интерфейса: сообщение, меню и запрос;

возможность ввода числовых данных в произвольном формате и, по желанию пользователя, протоколирование сеанса диалога;

наличие трех файлов прямого доступа во внешней памяти ЭВМ с необходимыми справочными данными;

наличие удобного единого монитора типа «меню», позволяющего многократно работать с любым разделом СНиП II-3-79**, а также реализация всего программного комплекса в виде оверлейной структуры;

существенную модификацию проблемно-ориентированной компоненты комплекса в соответствии с модификацией СНиП II-3-79**. Перевод всех архивов данных в систему единиц СИ, обязательное использование климатологического архива и т. д.

4. Диалоговый программный комплекс имеет двухуровневую оверлейную структуру. В качестве корневого сегмента выступает программа-монитор SNIPØ. В ней автоматически вызывается подпрограмма OPEN и в соответствии с «меню» предоставляется возможность выбрать для работы нужный раздел СНиП II-3-79** или выйти из комплекса.

На первом уровне располагается шесть подпрограмм: OPEN, CC12, CC13, CC14, CC15 и CC16.

Подпрограмма OPEN открывает три файла прямого доступа на диске: PR2, DAT, PR3. DAT, PR22. DAT, содержащие соответственно температуры наружного воздуха из табл. 1 и упругость водяного пара из прил. 3 СНиП 2.01.01—82, а также теплофизические характеристики и наименования материалов согласно прил. 3 СНиП II-3-79**.

Остальные подпрограммы реализуют алгоритмы работы со всеми пятью разделами СНиП II-3-79**.

Оверлей второго уровня построен лишь для подпрограммы CC12 и содержит девять подпрограмм: NOMER, SNB1, SNF, SF1, SNR, SNST, SF2, S3 и SN, в которых реализованы различные виды проблемно-ориентированных расчетов, предусмотренных разд. 2 СНиП II-3-79**, а также содержатся средства взаимодействия с архивами данных. Так, например, подпрограмма NOMER запрашивает название географического пункта на территории СССР, для которого ведется расчет, обращается к архиву данных и ставит в соответствие пункту определенный порядковый номер, который в дальнейшем используется при работе со всеми архивами данных.

5. В качестве примеров использования разработанного диалогового программного комплекса приведем протоколы диалога при расчете ряда предложенных в настоящем Пособии примеров.

6. Ниже приведен протокол диалога при расчете примера разд.2.

xxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx

ПРОГРАММА РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxx

УКАЖИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ВЛАЖНОСТЬ В ПОМЕЩЕНИИ
60
УКАЖИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА
18
БУДЕТЕ ЛИ ВЫ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ БАНКОМ
КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ? 1 — ДА, 0 — НЕТ
1
ВВЕДИТЕ НАЗВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПУНКТА МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА
ХАБАРОВСК
ВВЕДИТЕ ЧИСЛО СКВОЗНЫХ УЧАСТКОВ
РАССЧИТЫВАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ
1
ВВЕДИТЕ ЧИСЛО СЛОЕВ РАССЧИТЫВАЕМОЙ КОНСТРУКЦИИ
3
ДЛЯ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ВЫБЕРИТЕ НОМЕР СЛОЯ (ОДНОГО), ТОЛЩИНА КОТОРОГО БУДЕТ ВАРЬИРОВАТЬСЯ. ТОЛЩИНУ ЭТОГО СЛОЯ УКАЖИТЕ РАВНОЙ НУЛЮ
ПРИ НАЛИЧИИ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКИ, НЕ ВЕНТИЛИРУЕМОЙ НАРУЖНЫМ ВОЗДУХОМ, УКАЖИТЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО —1. СЛОИ СЧИТАЙТЕ ОТ ВНУТРЕННЕГО ПОМЕЩЕНИЯ.
СЛОЙ НОМЕР 1
ВВЕДИТЕ НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3 (СНиП II-3-79**), СООТВЕТСТВУЮЩИЙ МАТЕРИАЛУ СЛОЯ, И ЕГО ТОЛЩИНУ (в метрах)
71 0.015
СЛОЙ НОМЕР 2
ВВЕДИТЕ НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3 (СНиП II-3-79**), СООТВЕТСТВУЮЩИЙ МАТЕРИАЛУ СЛОЯ, И ЕГО ТОЛЩИНУ (в метрах)
21 0
СЛОЙ НОМЕР 3
ВВЕДИТЕ НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3 (СНиП II-3-79**), СООТВЕТСТВУЮЩИЙ МАТЕРИАЛУ СЛОЯ, И ЕГО ТОЛЩИНУ (в метрах)
71 0.020
МАТЕРИАЛЫ 1-го СКВОЗНОГО СЕЧЕНИЯ
71 ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЙ РАСТВОР

21 КЕРАМЗИТОБЕТОН НА КЕРАМЗИТОВОМ ПЕСКЕ И КЕРАМЗИТОПЕНОБЕТОН
71 ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЙ РАСТВОР
ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТ *n* ИЗ ТАБЛ. 3 (СНиП II-3-79**)
1
ЦИФРОЙ УКАЖИТЕ НОМЕР (ТАБЛ. 2 СНиП II-3-79**)
1. ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ, БОЛЬНИЧНЫЕ, ДЕТСКИЕ ДОМА, САДЫ-ЯСЛИ
2. ЗДАНИЯ ДИСПАНСЕРОВ, ПОЛИКЛИНИК, ДЕТСКИХ ШКОЛ
3. ОБЩЕСТВЕННЫЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ (кроме пп. 1 и 2)
ПРОМ. ПОМЕЩЕНИЯ (кроме с влажным или мокрым режимом)
4. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ С СУХИМ РЕЖИМОМ
5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ С НОРМАЛЬНЫМ РЕЖИМОМ
6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ С ВЛАЖНЫМ ИЛИ МОКРЫМ РЕЖИМОМ
7. КАРТОФЕЛЕ- и ОВОЩЕФРУКТОХРАНИЛИЩА
8. ПРОИЗВ. ЗДАНИЯ С ИЗБЫТКАМИ ЯВНОГО ТЕПЛА (более 23 Вт/(М**3)) И НЕ БОЛЕЕ 50 % РАСЧЕТНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА
1
ЦИФРОЙ УКАЖИТЕ НОМЕР
1. НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ
2. ПОКРЫТИЯ И ЧЕРДАЧНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ
3. ПЕРЕКРЫТИЯ НАД ПРОЕЗДАМИ, ПОДВАЛАМИ И ПОДПОЛЬЯМИ
1
ВВЕДИТЕ ВНУТРЕННИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ
8.7
ВВЕДИТЕ НАРУЖНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ
23
В КАЧЕСВТЕ РАСЧЕТНОЙ ЗИМНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПУНКТЕ «ХАБАРОВСК» ВЗЯТА ТЕМПЕРАТУРА —32.5 ПРИ ВЕЛИЧИНЕ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ 6,257
ТРЕБУЕМОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ =0,967 ПРИ ТОЛЩИНЕ УТЕПЛИТЕЛЯ =0,401
СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ПРИ ТОЙ ЖЕ ТОЛЩИНЕ УТЕПЛИТЕЛЯ 0,967
БУДЕТЕ ПРОДОЛЖАТЬ РАСЧЕТ? 1 — ДА, 0 — НЕТ
1
ЕСТЬ ЛИ РЯД ЗНАЧЕНИЙ ТОЛЩИНЫ КОНСТРУКЦИИ? 1—ДА 0 — НЕТ
1
ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО ЗНАЧЕНИЙ ТОЛЩИН КОНСТРУКЦИИ

3
ВВЕДИТЕ КАЖДОЕ ИЗ ЗНАЧЕНИЙ ТОЛЩИН КОНСТРУКЦИИ
0,4 0,45 0,5 0,55
R 0 ПРИВЕДЕННЫЕ
1,032 1,148 1,264 1,379
ПРИ ТОЛЩИНАХ КОНСТРУКЦИИ
0,4 0,45 0,5 0,55
ПРИ ТОЛЩИНАХ УТЕПЛИТЕЛЯ
0,365 0,415 0,465 0,515
РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ БУДЕТ ИДТИ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ТОЛЩИНОЙ
0,4 0,45 0,5 0,55
ВВЕДИТЕ СТОИМОСТЬ МОНТАЖА (руб/м²)
0,39
ВВЕДИТЕ СТОИМОСТЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ (руб/гДж)
5.02
ВВЕДИТЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РАСХОДЫ И ОПТОВУЮ ЦЕНУ КОНСТРУКЦИИ (руб/м²)
ПРИ ТОЛЩИНЕ 0,4
2,31 37,38
ВВЕДИТЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РАСХОДЫ И СТОИМОСТЬ КОНСТРУКЦИИ (руб/м²)
ПРИ ТОЛЩИНЕ 0,45
2,62 38,91
ВВЕДИТЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РАСХОДЫ И СТОИМОСТЬ КОНСТРУКЦИИ (руб/м²)
ПРИ ТОЛЩИНЕ 0,5
2,88 40,44
ВВЕДИТЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РАСХОДЫ И СТОИМОСТЬ КОНСТРУКЦИИ (руб/м²)
ПРИ ТОЛЩИНЕ 0,55
3.13 41,97

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

РЕЗУЛЬТАТ

xxxxxxxxxxxxxx

ТОЛЩИНА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ =0,5
ТОЛЩИНА УТЕПЛИТЕЛЯ =0,465
ПРИВЕДЕННОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ КОНСТРУКЦИИ =1,264
ЕДИНОВРЕМЕННЫЕ ЗАТРАТЫ =55,72
ПРИВЕДЕННЫЕ ЗАТРАТЫ =81,45
БУДЕТЕ ЛИ ПРОДОЛЖАТЬ РАСЧЕТ ДЛЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ СООТВЕТСТВИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЕМПЕРАТУРЕ ТОЧКИ РОСЫ? 1 — ДА, 0 — НЕТ
1
НУЖНО ЛИ ИЗМЕНИТЬ ЗНАЧЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ ТОЧКИ РОСЫ? 1 — ДА, 0 — НЕТ
0
ЕСТЬ ЛИ В КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОПРОВОДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ? 1 — ДА, 0 — НЕТ
0

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx

РЕЗУЛЬТАТ

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx

ТЕМПЕРАТУРА ТОЧКИ РОСЫ =10,1
НАИМЕНЬШАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ =13,1
РАСЧЕТ ОКОНЧЕН.

7. Ниже приведен протокол диалога при расчете примера 1 разд. 3.

xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxx xxxxxxxxx

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

xxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxx xxdxxxx xxxxxxxx

БУДЕТЕ ЛИ ВЫ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ БАНКОМ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ? 1 — ДА, 0 — НЕТ
1
ВВЕДИТЕ НАЗВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПУНКТА МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА
ОДЕССА
УКАЖИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНУЮ ВЛАЖНОСТЬ В ПОМЕЩЕНИИ
45
УКАЖИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ
22
УКАЖИТЕ ВИД ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ:
1 — НАРУЖНАЯ СТЕНА, 2 — ПОКРЫТИЕ
1
УКАЖИТЕ КОЛИЧЕСТВО СЛОЕВ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ
3
НАЧИНАЯ ОТ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ УКАЖИТЕ ДЛЯ КАЖДОГО СЛОЯ ЗНАЧЕНИЯ СЛЕДУЮЩИХ ВЕЛИЧИН:
1. ТОЛЩИНА СЛОЯ (м) 2. НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3 (СНиП II-3-79**), СООТВЕТСТВУЮЩИЙ МАТЕРИАЛУ

СЛОЙ НОМЕР 1
0,020 71
СЛОЙ НОМЕР 2
0,210 26
СЛОЙ НОМЕР 3
0,020 71
МАТЕРИАЛЫ СЛОЕВ
71 ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЙ РАСТВОР
26 КЕРАМЗИТОБЕТОН НА КВАРЦЕВОМ ПЕСКЕ С ПОРИЗАЦИЕЙ
71 ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЙ РАСТВОР
УКАЖИТЕ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ
8.7
УКАЖИТЕ СОГЛАСНО СНиП 2.01.01—82 «СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА», СЛЕДУЮЩИЕ ЧЕТЫРЕ ВЕЛИЧИНЫ:
1, МАКСИМАЛЬНАЯ АМПЛИТУДА СУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ИЮЛЕ
2 и 3. МАКСИМАЛЬНОЕ И СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЯ СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ (прямой и рассеянной)
4. МИНИМАЛЬНАЯ ИЗ СРЕДНИХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА ПО РУМБАМ ЗА ИЮЛЬ, ПОВТОРЯЕМОСТЬ КОТОРЫХ СОСТАВЛЯЕТ 16 % И БОЛЕЕ
14,7 752 182 4,3
УКАЖИТЕ НОМЕР МАТЕРИАЛА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ, ЕСЛИ ЕГО НЕТ — ВВЕДИТЕ 0
1. АЛЮМИНИЙ 2. АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫЕ ЛИСТЫ
3. АСФАЛЬТОБЕТОН 4. БЕТОНЫ
5. ДЕРЕВО НЕОКРАШЕННОЕ 6. СТЕКЛО ОБЛИЦОВОЧНОЕ
7. ЗАЩИТНЫЙ СЛОЙ РУЛОННОЙ КРОВЛИ ИЗ СВЕТЛОГО ГРАВИЯ
8. КИРПИЧ ГЛИНЯНЫЙ КРАСНЫЙ 9. КИРПИЧ СИЛИКАТНЫЙ
10. ОБЛИЦОВКА ПРИРОДНЫМ КАМНЕМ БЕЛЫМ
11. ОКРАСКА СИЛИКАТНАЯ ТЕМНО-СЕРАЯ
12. ОКРАСКА ИЗВЕСТКОВАЯ БЕЛАЯ
13. ПЛИТКА ОБЛИЦОВОЧНАЯ КЕРАМИЧЕСКАЯ
14. ПЛИТКА ОБЛИЦОВОЧНАЯ СТЕКЛЯННАЯ СИНЯЯ
0
УКАЖИТЕ НОМЕР МАТЕРИАЛА НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ. ЕСЛИ ЕГО НЕТ, ВВЕДИТЕ 0
15. ПЛИТКА ОБЛИЦОВОЧНАЯ БЕЛАЯ ИЛИ ПАЛЕВАЯ

16. РУБЕРОИД С ПЕСЧАНОЙ ПОСЫПКОЙ
17. СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ, ОКРАШЕННАЯ БЕЛОЙ КРАСКОЙ
18. СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ, ОКРАШЕННАЯ ТЕМНО-КРАСНОЙ КРАСКОЙ
19. СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ, ОКРАШЕННАЯ ЗЕЛЕНОЙ КРАСКОЙ
20. СТАЛЬ КРОВЕЛЬНАЯ ОЦИНКОВАННАЯ
21. ШТУКАТУРКА ИЗВЕСТКОВАЯ ТЕМНО-СЕРАЯ ИЛИ ТЕРРАКОТОВАЯ
22. ШТУКАТУРКА ЦЕМЕНТНАЯ СВЕТЛО-ГОЛУБАЯ
23. ШТУКАТУРКА ЦЕМЕНТНАЯ ТЕМНО-ЗЕЛЕНАЯ
24. ШТУКАТУРКА ЦЕМЕНТНАЯ КРЕМОВАЯ

24

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx

РЕЗУЛЬТАТ

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ РАВНА 1,09
ДОПУСТИМАЯ АМПЛИТУДА КОЛЕБАНИЙ РАВНА 2,380
ОГРАЖДАЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ УДОВЛЕТВОРЯЕТ НОРМАМ.

8. Ниже приведен протокол диалога при расчете примера 1 разд. 4.

xxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТЕПЛОУСВОЕНИЯ ПОЛОВ

xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxx

ПОДХОДИТ ЛИ ВАШ СЛУЧАЙ К ЭТОМУ СПИСКУ:
1. ПОЛ ИМЕЕТ ТЕМПЕРАТУРУ ПОВЕРХНОСТИ ВЫШЕ 23 ГРАД
2. ПОЛ В ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ГДЕ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ТЯЖЕЛЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ (категория 3)
3. *ПОЛ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ ПРИ УСЛОВИИ* УКЛАДКИ НА УЧАСТКИ ПОСТОЯННЫХ РАБОЧИХ МЕСТ ДЕРЕВЯННЫХ ЩИТОВ ИЛИ ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИХ КОВРИКОВ
4. ПОЛ ПОМЕЩЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТОРЫХ НЕ СВЯЗАНА С ПОСТОЯННЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ В НИХ ЛЮДЕЙ (залы музеев, выставки и т. п.) 1 — ДА, 0 — НЕТ

0

УКАЖИТЕ ВЛАЖНОСТЬ В ПОМЕЩЕНИИ

45

УКАЖИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

22

ВВЕДИТЕ НАЗВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПУНКТА МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА
ОДЕССА
ПОДХОДИТ ЛИ ВАШ СЛУЧАЙ К ПРИВЕДЕННОМУ НИЖЕ СПИСКУ?
1 — ДА, 0 — НЕТ
ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ, БОЛЬНИЧНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ, ДОМОВ РЕБЕНКА, ДОМОВ-ИНТЕРНАТОВ ДЛЯ ПРЕСТАРЕЛЫХ И ИНВАЛИДОВ, ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДЕТСКИХ ШКОЛ, ДЕТСКИХ САДОВ, ЯСЛЕЙ, ДЕТСКИХ ДОМОВ И ДЕТСКИХ ПРИЕМНИКОВ-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ
0
ПОДХОДИТ ЛИ ВАШ СЛУЧАЙ К ПРИВЕДЕННОМУ НИЖЕ СПИСКУ?
1 — ДА, 0 — НЕТ
ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ. КРОМЕ УКАЗАННЫХ РАНЕЕ, ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
УЧАСТКИ С ПОСТОЯННЫМИ РАБОЧИМИ МЕСТАМИ В ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ГДЕ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ЛЕГКИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ (категория 1)
0
ПОДХОДИТ ЛИ ВАШ СЛУЧАЙ К ПРИВЕДЕННОМУ НИЖЕ СПИСКУ?
1 — ДА, 0 — НЕТ
УЧАСТКИ С ПОСТОЯННЫМИ РАБОЧИМИ МЕСТАМИ В ОТАПЛИВАЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ, ГДЕ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ СРЕДНЕЙ ТЯЖЕСТИ (категория 2)
1
ДЛЯ 1-го СЛОЯ, СЧИТАЯ ОТ ПОВЕРХНОСТИ, ВВЕДИТЕ ТОЛЩИНУ И НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ЕГО МАТЕРИАЛУ
0,003 188
188 ЛИНОЛЕУМ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫЙ МНОГОСЛОЙНЫЙ
ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ 1-го СЛОЯ РАВНА 0,068
ДЛЯ 2-го СЛОЯ ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ, м, И НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ЕГО МАТЕРИАЛУ
0,001 182
182 БИТУМЫ НЕФТЯНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ И КРОВЕЛЬНЫЕ
ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ 2 СЛОЕВ РАВНА 0,095
ДЛЯ 3-го СЛОЯ ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ, м, И НОМЕР

СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ЕГО МАТЕРИАЛУ
0,020 71
71 ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНЫЙ
ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ 3 СЛОЕВ 0,348
ДЛЯ 4-го СЛОЯ ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ, м,
И НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ЕГО МАТЕРИАЛУ
0,004 79
79 ПОРИЗОВАННЫЙ ГИПСО-ПЕРЛИТОВЫЙ
ТЕПЛОВАЯ ИНЕРЦИЯ 4 СЛОЕВ РАВНА 0,413
ДЛЯ 5-го СЛОЯ ВВЕДИТЕ ЗНАЧЕНИЯ ТОЛЩИНЫ, м,
И НОМЕР СТРОКИ ИЗ ПРИЛ. 3, СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ЕГО МАТЕРИАЛУ
0,140 1
1 ЖЕЛЕЗОБЕТОН

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

РЕЗУЛЬТАТ

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕПЛОУСВОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛА РАВЕН 16,9
НОРМАТИВНАЯ ВЕЛИЧИНА ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕПЛОУСВОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛА РАВНА 17
КОНСТРУКЦИЯ ПОЛА УДОВЛЕТВОРЯЕТ НОРМАМ

9. Ниже приведен протокол диалога при расчете примера 1 разд. 5.

xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx

ПРОГРАММА РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxx

ОПРЕДЕЛИТЕ ЛИ ВЫ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ
1. НАРУЖНОЙ СТЕНЫ, ПЕРЕКРЫТИЯ ИЛИ ПОКРЫТИЯ
2. СВЕТОВОГО ПРОЕМА
3. ВХОДНОЙ ДВЕРИ В КВАРТИРУ
4. ДВЕРЕЙ И ВОРОТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ
ОТВЕТ (1, 2, 3, 4)
2
ЦИФРОЙ (1 ИЛИ 2) УКАЖИТЕ ВИД ЗДАНИЯ
1. ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ, А ТАКЖЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ И ПОМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

2. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗДАНИЯ
1
ЦИФРОЙ (1 ИЛИ 2) УКАЖИТЕ ВИД СВЕТОВОГО ПРОЕМА
1. ОКНО 2. БАЛКОННАЯ ДВЕРЬ
1
УКАЖИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА
18
ВВЕДИТЕ НАЗВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПУНКТА МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА
У Ф А
УКАЖИТЕ МАКСИМАЛЬНУЮ ИЗ СРЕДНИХ СКОРОСТЕЙ ВЕТРА
ПО РУМБАМ ЗА ЯНВАРЬ, ПОВТОРЯЕМОСТЬ КОТОРЫХ СОСТАВЛЯЕТ 16 % И БОЛЕЕ, ПРИНИМАЕМУЮ СОГЛАСНО ГЛАВЕ СНиП ПО СТРОИТЕЛЬНОЙ КЛИМАТОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ. ДЛЯ ТИПОВЫХ ПРОЕКТОВ СКОРОСТЬ ВЕТРА СЛЕДУЕТ ПРИНИМАТЬ — 5 м/с, А В КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОДРАЙОНАХ 1Б И 1Г — 8 м/с
5,5
УКАЖИТЕ ВЫСОТУ ЗДАНИЯ ОТ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ДО ВЕРХА КАРНИЗА (м)
34,8
У ВАС ОКНО БЕЗ ОТКРЫВАЮЩИХСЯ СТВОРОК (БЕЗ ПРИТВОРОВ, С УПЛОТНЕННЫМИ ФАЛЬЦАМИ) - 1 — ДА, 0 — НЕТ
0
ОБОЗНАЧЬТЕ ЦИФРОЙ (1, 2, 3) ВИД ОСТЕКЛЕНИЯ
1. ОДИНАРНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ ИЛИ ДВОЙНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ В СПАРЕННЫХ ПЕРЕПЛЕТАХ
2. ДВОЙНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ В РАЗДЕЛЬНЫХ ПЕРЕПЛЕТАХ
3. ТРОЙНОЕ ОСТЕКЛЕНИЕ В ОДИНАРНОМ И СПАРЕННОМ ПЕРЕПЛЕТАХ
3
ЦИФРОЙ (1, 2, 3) УКАЖИТЕ ВИД МАТЕРИАЛА ПРОКЛАДКИ
1. ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВАЯ 2. ГУБЧАТАЯ РЕЗИНА
3. ПОЛУШЕРСТЯНОЙ ШНУР
1
ВВЕДИТЕ КОЛИЧЕСТВО УПЛОТНЕННЫХ ПРИТВОРОВ ЗАПОЛНЕНИЯ (ДЛЯ СПРАВКИ: ИХ МОЖЕТ БЫТЬ МАКСИМУМ 3)
2
ВЫ РАССЧИТЫВАЕТЕ СВЕТОВЫЕ ПРОЕМЫ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПЕРЕПЛЕТАМИ?
1 — ДА, 0 — НЕТ
0

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

РЕЗУЛЬТАТ

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxxx

ТРЕБУЕМОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ
0,345
ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ 0,440
КОНСТРУКЦИЯ УДОВЛЕТВОРЯЕТ НОРМАМ

10. Ниже приведен протокол диалога при расчете примера 1 разд. 6

xxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx

ПРОГРАММА РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАРОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx

УКАЖИТЕ ВЛАЖНОСТЬ В ПОМЕЩЕНИИ (ОТНОСИТЕЛЬНУЮ)
60
УКАЖИТЕ ТЕМПЕРАТУРУ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ
18
БУДЕТЕ ЛИ ВЫ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ БАНКОМ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ
1 — ДА, 0 — НЕТ
ВВЕДИТЕ НАЗВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПУНКТА МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА
СВЕРДЛОВСК
ОПРЕДЕЛИТЕ ЦИФРОЙ (1, 2, 3) ВИД РАССЧИТЫВАЕМОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ
ЕСЛИ НИ ОДИН ИЗ ПУНКТОВ НЕ ПОДХОДИТ, ВВЕДИТЕ 0
1. НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ И ПОКРЫТИЯ
2. ЧЕРДАЧНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ
3. ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ ПОКРЫТИЯ
1
УКАЖИТЕ КОЛИЧЕСТВО СЛОЕВ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ
4
ДЛЯ КАЖДОГО СЛОЯ, НАЧИНАЯ ИЗНУТРИ, УКАЖИТЕ НОМЕР ИЗ ПРИЛ. 3 И ТОЛЩИНУ СЛОЯ (в м) ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКИ
ВМЕСТО НОМЕРА УКАЖИТЕ 0, А ДЛЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА ИЛИ ТОНКОГО СЛОЯ ПАРОИЗОЛЯЦИИ ИЗ ПРИЛ. 11 (СНиП II-3-79**) УКАЖИТЕ ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ЧИСЛО —1
СЛОЙ НОМЕР 1

```
2          0,070
СЛОЙ НОМЕР 2
20         0,240
СЛОЙ НОМЕР 3
20         0,120
СЛОЙ НОМЕР 4
71         0,020
МАТЕРИАЛЫ СЛОЕВ
2 БЕТОН НА ГРАВИИ ИЛИ ЩЕБНЕ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ
20 КЕРАМЗИТОБЕТОН НА КЕРАМЗИТОВОМ ПЕСКЕ И
КЕРАМЗИТОПЕНОБЕТОН
20 КЕРАМЗИТОБЕТОН НА КЕРАМЗИТОВОМ ПЕСКЕ И
КЕРАМЗИТОПЕНОБЕТОН
71 ЦЕМЕНТНО ПЕСЧАНЫЙ
УКАЖИТЕ, СЧИТАЯ ОТ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ, НОМЕР
СЛОЯ, ЯВЛЯЮЩЕГОСЯ УТЕПЛИТЕЛЕМ
2
УКАЖИТЕ НОМЕР МАТЕРИАЛА УВЛАЖНЯЕМОГО СЛОЯ
(УТЕПЛИТЕЛЯ), ЕСЛИ ЕГО НЕТ, ВВЕДИТЕ 0
1. КЛАДКА ИЗ ГЛИНЯНОГО КИРПИЧА И КЕРАМИЧЕСКИХ
   БЛОКОВ
2. КЛАДКА ИЗ СИЛИКАТНОГО КИРПИЧА
3. ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ
   (КЕРАМЗИТОБЕТОН, ШУНГИЗИТОБЕТОН, ПЕРЛИТОБЕТОН,
   ПЕНЗОБЕТОН И ДР.)
4. ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ (ГАЗОБЕТОН, ПЕНОБЕТОН, ГАЗОСИ-
   ЛИКАТ И ДР.)
5. ПЕНОГАЗОСТЕКЛО 6. ФИБРОЛИТ ЦЕМЕНТНЫЙ
7. МИНЕРАЛОВАТНЫЕ ПЛИТЫ И МАТЫ
8. ПЕНОПОЛИСТИРОЛ И ПЕНОПОЛИУРЕТАН
9. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЗАСЫПКИ ИЗ КЕРАМЗИТА,
   ШУНГИЗИТА, ШЛАКА
10. ТЯЖЕЛЫЕ БЕТОНЫ
    3
ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ ВНУТРЕННЕЙ
ПОВЕРХНОСТИ
    8.7
ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ НАРУЖНОЙ
ПОВЕРХНОСТИ
    23,0
```

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxx

РЕЗУЛЬТАТ

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxxx

ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ РАВНО 4,51, ТРЕБУЕМОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ РАВНО 0,38 КОНСТРУКЦИЯ УДОВЛЕТВОРЯЕТ НОРМАМ

11. Разработанный диалоговый программный комплекс может быть использован на ЭВМ типа СМ-4, СМ-1420, СМ-1700 при наличии транслятора базового Фортрана (Фортран-IV СМ ЭВМ) и операционной системы РАФОС (TS-монитор), Имеется также вариант комплекса, функционирующий в операционной системе ОС РВ.

Средние затраты машинного времени ЭВМ СМ-4 при расчете примеров Руководства, протоколы диалога которых приведены в предыдущих пунктах, составляют 5 мин (включая получение протокола на АЦПУ).

12. Следует отметить следующие требования к минимальной конфигурации технических средств, необходимых для функционирования комплекса:

базовая ЭВМ с ОЗУ не менее 64 Кслов, совместимая с СМ-4,

внешняя память — накопитель на магнитном диске СМ-5400 и накопитель на магнитной ленте СМ 5300.01,

алфавитно-цифровое печатающее устройство (типа ДАРО-1156).

13. Диалоговый программный комплекс автоматизации расчетов по СНиП II-3-79** представляет собой открытую систему, построенную по модульному принципу и имеющую тенденцию к дальнейшему совершенствованию. В этой связи полезной является поступающая к разработчикам информация из внедряющих организаций, относящаяся как к диалоговой, так и к функциональной его компонентам.

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

ПОДГОТОВКА К РАСЧЕТУ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПО ПРОГРАММАМ НИИСФа

1. Для расчета двухмерного температурного поля с помощью ЭВМ необходимо подготовить исходные данные, которые получают при последовательном выполнении следующих видов работы:

а) выбирают участок ограждающей конструкции, двухмерной в отношении распределения температур. Решают вопрос о том, какое поле (плоское или осесимметричное) будет рассматриваться (рис. 1, *а, б*);

б) составляют схему расчета, вычерчивая в определенном масштабе изучаемую часть ограждающей конструкции, и, при необходи-

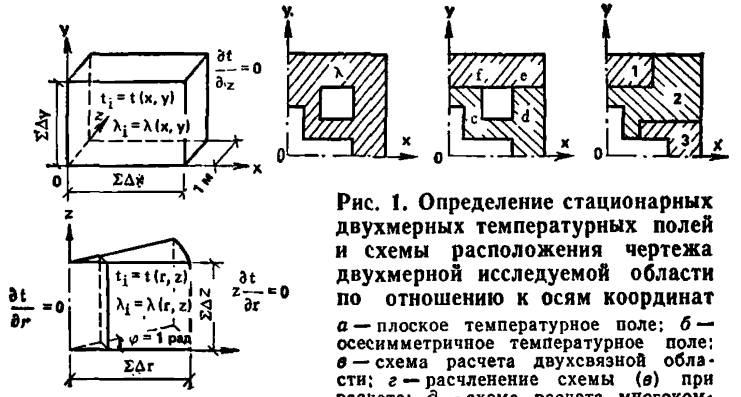


Рис. 1. Определение стационарных двухмерных температурных полей и схемы расположения чертежа двухмерной исследуемой области по отношению к осям координат

а — плоское температурное поле; *б* — осесимметричное температурное поле; *в* — схема расчета двухсвязной области; *г* — расчленение схемы (*в*) при расчете; *д* — схема расчета многокомпонентной области

мости, упрощают ее. При этом заменяют сложные конфигурации участков, например криволинейные, более простыми, если эта конфигурация имеет незначительное влияние в теплотехническом отношении. Наносят на чертеж границы области исследования и оси координат (x, y или r, z). Выделяют участки с различными теплопроводностями и указывают условия теплообмена на границах. Проставляют все необходимые размеры;

в) расчленяют область исследования на элементарные блоки, выделяя отдельно участки с различными коэффициентами теплопроводности. Вычерчивают в масштабе схему расчленения исследуемой области и проставляют размеры всех блоков;

г) вычерчивают область исследования в условной системе координат x', y', когда все блоки принимаются одного и того же размера. Проставляют координаты вершин полигонов, ограничивающих участки области с различными теплопроводностями, и координаты вершин многоугольников, образующих границы исследуемой области. Нумеруют участки и границы исследуемой области и подписывают вершины областей теплопроводностей, температур (или тепловых потоков) на границах или окружающего воздуха и коэффициентов теплоотдачи;

д) пользуясь двумя чертежами, выполненными по пп. «в» и «г», и руководствуясь стандартной (обычной) последовательностью расположения, составляют комплект численных значений исходных данных, выписывая их в бланки набивки перфокарт (см. пп. 8—33 данного приложения);

е) после набивки перфокарт укладывают их в пакет задачи, предварительно пронумеровав и надписав группы данных, и передают оператору для пропуска на машине;

ж) в случае диагностических указаний проверочного блока на

наличие в подготовленном пакете задачи ошибок их следует найти, устранить и заменить соответствующие карты, а затем повторно пропустить пакет на машине по программе проверки;

з) пакет задачи, не содержащей ошибок, передается оператору на счет с указанием о графическом выводе результатов или без него.

2. При подготовке к решению задач о стационарном трехмерном температурном поле необходимо выполнить следующую последовательность работ:

а) выбирают требуемый для расчета участок ограждающей конструкции, трехмерный в отношении распределения температур. Вычерчивают в масштабе три проекции ограждающих конструкций и проставляют все размеры;

б) составляют схему расчета, вычерчивая в аксонометрической проекции и определенном масштабе изучаемую часть ограждающей конструкции. При этом сложные конфигурации участков заменяют более простыми, состоящими из параллелепипедов. При такой замене необходимо учитывать влияющие в теплотехническом отношении детали конструкции. Наносят на чертеж границы области исследования и оси координат, выделяют в виде параллелепипедов участки с различными теплопроводностями, указывают условия теплообмена на границах и проставляют все размеры;

в) расчленяют область исследования на элементарные параллелепипеды плоскостями, параллельными координатным плоскостям XOY, ZOY, YOZ, выделяя отдельно участки с различной теплопроводностью, вычерчивают в масштабе схему расчленения исследуемой области на элементарные параллелепипеды и проставляют размеры;

г) вычерчивают три проекции области исследования на координатные плоскости в условной системе координат x', y', z', пользуясь схемами, приведенными в пп. «б» и «в». Когда все элементарные параллелепипеды принимаются одного и того же размера, проставляют координаты вершин проекций параллелепипедов, ограничивающих участки области с различными теплопроводностями и проекции плоскостей, образующих границы исследуемой области. Подписывают величины теплопроводностей, температуру на границах или окружающего воздуха и коэффициенты теплоотдачи.

Составляют комплект исходных данных, пользуясь схемами пп. «б», «в», «г» осуществляют набивку перфокарт, нумеруют их, подписывают группы данных и передают оператору на счет.

3. При выборе для расчета соответствующего сечения ограждающей конструкции необходимо тщательно проанализировать саму конструкцию и условия теплообмена на ее поверхностях с целью установления возможности расчета по двухмерной или трехмерной схеме. Например, если справедливо допущение о неизменности участка конструкции и условий теплообмена на поверхностях в направле-

нии оси z на протяжении 5—10 ее толщин, расчет можно провести по двухмерной схеме.

4. Если искомое температурное поле ожидается симметричным, при расчете следует учесть его половину. Такое использование симметрии упрощает процесс подготовки исходных данных к расчету. Используя ось симметрии как границу исследуемой области с указанным условием теплообмена не следует забывать, что симметричными в отношении этой оси должны быть не только участки рассматриваемой конструкции, но и условия теплообмена ее с окружающей средой.

5. Ограничение области исследования производят из следующих соображений. Область исследования, с одной стороны, ограничивается естественными поверхностями конструкции, на которых заданы условия теплообмена, и, с другой стороны, ее необходимо искусственно ограничить для расчета, так как реальные конструкции имеют значительные размеры. С целью упрощения расчета желательно ограничить область возможно меньшими размерами, а значит и упростить подготовку пакета исходных данных задачи и уменьшить время счета на ЭВМ. Вместе с тем назначение границ исследуемой области связано с возможностью задать на них условия теплообмена с остальной частью конструкции и поэтому желательно эту границу относить как можно дальше, где уже фактически происходит одномерный процесс теплоотдачи. Такое предположение допустимо уже на расстоянии около 5—7 толщин конструкции от теплопроводного включения. На такой границе возможно задавать тепловой поток, равный нулю в направлении, перпендикулярном этой границе. Правильность назначения возможно проверить только после расчета на ЭВМ путем сопоставления полученных расчетом температур по назначенной границе с рассчитанными по формулам одномерного распределения.

6. При расчете по двухмерной схеме с использованием программ НИИСФа область исследования размещают полностью в первой четверти прямоугольной системы координат таким образом, чтобы часть ее границ совпадала с осями координат x, y (см. рис. 2, *в—д*). Если область исследования состоит из нескольких частей с различными теплопроводностями, то каждую такую часть следует выделить отдельно в виде участков областей. Участки не могут быть многосвязными, т. е. внутри них не допускаются отверстия. Участки с одинаковыми теплопроводностями, появившиеся в разных местах области, выделяются как отдельные участки.

Исследуемую область рекомендуется разместить таким образом, чтобы по оси y было меньшее число разбиений на элементарные интервалы.

Исследуемую область разбивают на прямоугольные блоки вза-

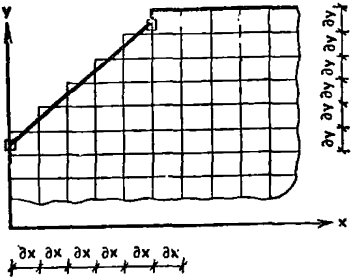


Рис. 2. Расположение наклонной границы исследуемой области

имно перпендикулярными линиями, параллельными осям координат. Разбивка на блоки может быть неравномерной, но обязательно должна быть сквозной, т. е. не допускается объединение двух рядов блоков в один. Линии разбивки должны совпадать с границами участков с различными теплопроводностями. В части области, где границы (или границы ее участков) наклонены к осям координат, разбивку рекомендуется провести с одинаковыми интервалами вдоль осей таким образом, чтобы наклонная граница проходила через середину граней блоков (см. рис. 2). В этом случае существенно упрощается подготовка исходных данных. В тех частях исследуемой области, где ожидаются резкие изменения температуры и где желательно получить более точные результаты, следует приводить более детальную разбивку на блоки. Каждую сторону участка области рекомендуется разбивать не менее, чем на два-три интервала.

Чертеж разбивки на блоки в условной системе координат располагается по отношению к осям координат таким образом, что первые линии отступают от оси на один интервал, а абсциссы и ординаты следующих линий возрастают с шагом, равным единице в направлении осей координат. Особенностью вычерчивания схемы исследуемой области в условных координатах является то, что все блоки вычерчиваются одинакового размера, обеспечивая удобства и четкость при описании контуров участка области и границ, особенно в случаях с неравномерной разбивкой.

Участки области представляют собой замкнутые многоугольники, содержащие произвольное число точек перелома. Вершинами участка области называют точки перелома. На чертеже у каждой вершины выписываются парой (x, y) значения ее координат. При выписывании координат на блоки обход осуществляют последовательно против часовой стрелки. Последняя вершина не должна совпадать с первой, так как предполагается, что многоугольник всегда замкнут.

Принимаемые в расчет граничные условия могут быть различными по типу и численным значениям на отдельных участках границ исследуемой области. Участки границ с одинаковыми условиями

теплообмена с окружающим воздухом задают в виде незамкнутых многоугольников, содержащих произвольное число точек перелома. Вершинами участка границы называют начало, конец и точки перелома многоугольника. В частном случае участок границы может быть задан в виде отрезка линии с двумя точками. Многоугольник, определявший один участок границы, обязательно должен быть разомкнут. Например, если на поверхности отверстия в исследуемой области заданы одинаковые условия теплообмена и среды, то принимаемая в расчет граница в этом случае должна состоять хотя бы из двух участков. В соответствии с этим показанная на рис. 1, *в—д* граница по замкнутому контуру *fcde* с одинаковыми условиями теплообмена на всех ее участках, должна быть учтена расчлененной на участок *ef* и *fcde*. При задании граничных условий не допускается неопределенность, т. е. граничные условия должны быть определены на всех границах исследуемой области.

Исходные данные об условиях на границах исследуемой области подготавливаются в форме, соответствующей граничным условиям третьего рода, т. е. в виде значений температуры воздуха $t_н$ и коэффициента теплоотдачи с поверхности $\alpha_н$. В случае задания на каком-либо участке границы температуры поверхности ее назначают равной температуре воздуха и одновременно принимают в расчет очень большое значение коэффициента теплоотдачи поверхности, равное $0{,}9 \cdot 10^{18}$ Вт/(м^2·°С). Если на некотором участке границы требуется задать величину теплового потока q, Вт/м^2, т. е. граничное условие второго рода, то его величину задают как условную температуру окружающей среды, равную численному значению q, принимая одновременно $\alpha = 0$. При необходимости задания на одной и той же границе смешанных граничных условий третьего и второго родов, нужно это условие привести к условию третьего рода, задавая значение условной температуры воздуха $t_{усл} = t_н + q/\alpha_н$.

Если требуется решить задачу, в которой на всех участках границ исследуемой области заданы значения тепловых потоков, то необходимо учесть два обстоятельства: а) хотя бы в одной точке границы должно быть задано граничное условие первого рода, т. е. должна быть обусловлена точка отсчета температур в исследуемом температурном поле, например в задаче, приведенной на рис. 3, температура в точке B должна быть равна нулю; б) задаваемые в качестве граничных условий тепловые потоки, входящие в исследуемую область и выходящие из нее, должны быть сбалансированы с большой точностью (не менее 0,001 %), например, в задаче на рис. 3 должно соблюдаться равенство $\Sigma q_{x1} = \Sigma q_{y1}$, в противном случае при контроле баланса тепловых потоков будет обнаружен недопустимый разбаланс, и задача будет снята с расчета по ошибке.

7. При расчете по трехмерной схеме область исследования размещают полностью в первом октанте правой прямоугольной системы

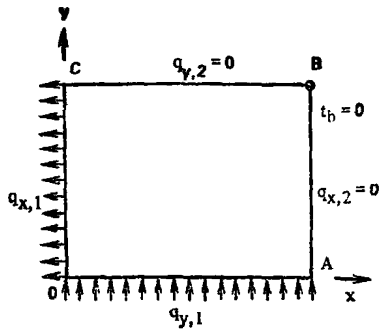


Рис. 3. Постановка задачи в случае, когда на границах заданы только тепловые потоки

координат (рис. 4). Исследуемая область должна быть ограничена параллелепипедом и может состоять из нескольких соприкасающихся друг с другом участков материалов с различной теплопроводностью (рис. 4). Внутри области допускаются полости в виде параллелепипеда. Участки с неизменной теплопроводностью должны иметь форму параллелепипедов, стороны которых должны быть параллельны координатным плоскостям, т. е. плоскостям *xoy, yoz, xoz*. Сложные участки с неизменной теплопроводностью должны быть представлены несколькими параллелепипедами. Источники тепла задаются едиными на весь объем участка.

Исследуемую область разбивают на элементарные параллелепипеды взаимно перпендикулярными плоскостями, параллельными ко-

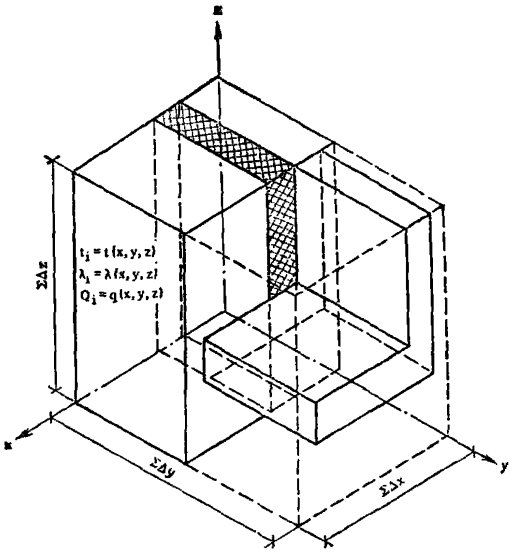


Рис. 4. Схема расположения трехмерной исследуемой области по отношению к осям координат

ординатным плоскостям. Разбивка на параллелепипеды может быть неравномерной. Плоскости разбивки должны совпадать с границами участков с различными теплопроводностями. В тех частях исследуемой области, где ожидаются резкие изменения температуры, следует проводить более детальную разбивку.

Исходные данные об условиях на границе исследуемой области подготавливают так же, как при расчете по двухмерной схеме.

Последовательность подготовки исходных данных к расчету на ЭВМ по программам НИИСФа

8. Комплект исходных данных программы расчета **двухмерных температурных полей** состоит из 10 групп и выписывается в строгом порядке. Все числа должны быть вещественными, за исключением номера варианта и управляющего массива, которые должны быть целого типа. Последовательность этих групп следующая.

9. Номер N_0 рассчитываемого варианта должен быть положительным, если решается плоская задача в прямоугольной системе координат x, y и отрицательным для осесимметричной задачи в системе координат r, z.

10. Группа данных *BUF* — управляющий массив, состоящий из 6 величин:

а) количество N интервалов разбивки по оси y или z;

б) количество L интервалов разбивки по оси x или r;

в) количество участков *Z1* области с различными теплопроводностями;

г) число границ *Z2* области, на которых задаются температуры поверхности TEMP или коэффициенты теплоотдачи ALPHA и соответствующие температуры окружающей среды, либо потоки;

д) число *M1* вершин участка исследуемой области, имеющего наибольшее число вершин;

е) число *M2* вершин на границе (или в участке границы), имеющей наибольшее число вершин.

11. Группа данных *DX* (*DR*) — вершины интервалов между смежными линиями разбивки по оси x или r, обычно задаваемые в метрах. Количество данных в группе должно быть $L+2$. Нумерация интервалов производится в направлении осей x или r и начинается с нуля, т. е. DX_0, DX_1, ..., DX_L, DX_{L+1} (или в случае оси r—DR_0, DR_1, ..., ..., DR_L, DR_{L+1}). Для плоской задачи интервал DX_0 следует назначить равным нулю. Для осесимметричной задачи в случае, если граница исследуемой области слева не совпадает с осью симметрии (например, расчет полей цилиндрической конструкции), DR_0 должно быть равно расстоянию от оси симметрии до этой границы. В случае совпадения следует положить $DR_0=0$. Значение интервала

$DX_{L+1}(DR_{L+1})$ используется для управления видом печати искомых температур. Если величина $DX_{L+1}>0$ $(DR_{L+1}>0)$, то на печать выдается распределение температур в углах элементарных блоков. Если величина $DX_{L+1}=0$ $(DR_{L+1}>0)$ то на печать выдаются две таблицы распределений температур — в центрах элементарных блоков (узлах) и в углах, а в случае $DX_{L+1}<0$ $(DR_{L+1}<0)$ на печать выдается только распределение температур в центрах элементарных блоков. Следует заметить, что в процессе счета по программе величина $DX_{L+1}(DR_{L+1})$ становится равной нулю.

12. Группа данных $DY(DZ)$ — та же, что и в п. 11, но по оси y или z, т.е. DY_0, DY_1, ..., DY_N, DY_{N+1} или DZ_0, DZ_1, ..., DZ_N, DZ_{N+1}. Количество данных DY или DZ в группе должно быть равно $N+2$.

Значения начального и конечного интервала $DY(DZ)$ используются для специальных целей: начальный — для управления масштабом чертежа при автоматическом вычерчивании результатов расчета, конечный — для масштабирования интервалов разбивки, т.е. записи их не в метрах. Если величина $DY_0(DZ_0)$ равна нулю, то осуществляется автоматический выбор масштаба чертежа, ограничивающий его условной рамкой размером 25×35 см. Масштаб чертежа (М) представляет собой отношение размеров на чертеже к соответствующему размеру в исследуемой области. При использовании выбранного пользователем масштаба величину DY_0 (DZ_0) назначают равной M; в комплекте данных величина масштаба M записывается в виде действительного числа. При назначении масштаба чертежа следует иметь в виду, что, с одной стороны, размер чертежа не должен выходить за пределы размера планшета графопостроителя (100 см по оси абсцисс и 80 см по оси ординат), а с другой — наибольший размер чертежа по любой из осей не должен быть меньше 10 см, так как в противном случае будут искажены соотношения размеров. Величины интервалов DX и DY обычно задают в метрах. В этом случае элемент DY_{N+1} должен быть равен нулю. В случае необходимости эти величины можно задавать в других единицах, тогда величина DY_{N+1} должна быть равна масштабу s. Масштаб s — это число, на которое надо поделить численные значения интервалов DX и DY, чтобы пересчитать их в метрах. Например, если интервал задан в сантиметрах, то $s=100$.

13. Группа данных $CORD1$ — список координат вершин участков областей в условной системе координат. Каждая вершина представляется парой координат (x', y' или r', z'). Данные располагаются в следующем порядке: номер участка области (НУ), число вершин (НВ) в этом участке, координата x_1' по оси x' (или r') и координата y_1' по оси y' (или z') первой вершины, далее второй вершины x_2', y_2 и т.д. до последней вершины первого участка. Затем данные о следующем участке области. В таком порядке должны быть пред-

ставлены вершины всех участков исследуемой области. Вершины нумеруются против часовой стрелки, начиная с вершины, ближайшей к началу осей координат. Если число вершин в некотором участке области меньше *M1*, то необходимо произвести дополнение нулями до *M*1. Всего данных в группе *CORD1* должно быть $2 \cdot z1 \cdot (M1+1)$.

Исследуемую область можно расчленить взаимно перпендикулярными линиями (параллельными осям координат только на прямоугольные блоки, поэтому в той части области, где ее граница или участок наклонены к оси, эти границы должны быть учтены в виде ступенек с соответствующим числом переломов. Однако, если разбивка исследуемой области на блоки в местах наклонных границ была произведена с одинаковыми интервалами вдоль каждой из осей координат (при этом интервалы *DX* могут быть равны интервалам *DY*), то можно значительно сократить количество исходных данных об этом участке границы. В этом случае в списке *CORD*1 достаточно указать только координаты начала и конца учитываемого наклонного участка границы. Начальная и конечная точки этого участка отмечены квадратами на рис. 2. Как видим, в этом случае координаты вершин многоугольника, образующего границу, будут дробными числами, кратными 0,5.

14. Группа данных *XLAM* — список теплопроводностей $\lambda_x(\lambda_r)$ в направлении оси x (или r), Вт/(м·°С) для различных участков области, располагаемые в порядке возрастания номеров участков области. Первый элемент массива необходим по техническим причинам и всегда равен нулю. Всего данных *XLAM* должно быть $Z1+1$. Назначить $\lambda_x=0$ нельзя, так как при решении задачи это вызывает деление на нуль, и машина прекращает счет.

15. То же, что и в п. 23, но по оси y или z — *YLAM*, т. е. λ_y или λ_z.

16. Группа данных *CORD*2 — список координат границ (участков границ) в условной системе координат. Каждая вершина представлена парой координат x', y' или r', z'. Данные располагаются в следующем порядке: номер участка границы (НГ), число вершин (ЧВ) в этом участке, координата начала участка границы x_1' (по оси x' или r') и координата y_1' по оси (y' или z'), далее координаты первой вершины x_2', y_2' и т. д. до конца первого участка границы. Затем данные о следующем участке границы. Таким образом, должны быть представлены все границы исследуемой области. Координаты вершин нумеруются против часовой стрелки. Если число вершин на участке границы меньше *M*2, то необходимо дополнение нулями до *M*2. Количество данных в *CORD*2 должно быть $2 \cdot z2(M2+1)$. Координаты вершин границ (или участков границ), наклоненных к осям координат, должны быть учтены в соответствии с п. 13.

17. Группа данных *ALPHA* о коэффициентах теплоотдачи по-

верхности α, Вт/(м²·°С), — границы (участков границ) исследуемой области. Данные располагаются в порядке возрастания номеров границ. Для граничных условий первого рода принимать $\alpha=0{,}9\cdot10^{18}$. В случае, если на соответствующем участке границы задана величина теплового потока, перпендикулярного границе, принимать условно $\alpha=0$. Всего данных *ALPHA* должно быть $z2$.

18. Группа данных TEMP о температурах на границах, °С, располагается в порядке возрастания номеров границ. Если при подготовке группы данных *ALPHA* на каких-либо участках границы принято $\alpha=0$, то соответствующие данные TEMP превращаются в величины тепловых потоков, Вт/м², входящих (записываются со знаком «+») в исследуемую область или выходящих (знак «—») из нее. Всего данных в группе должно быть $z2$.

19. Подготовленные данные записываются на бланках поколонной набивки перфокарт в бесформатном виде. Между числами следует обязательно оставлять не менее двух пробелов. Для отделения целой части от дробной используется точка либо запятая. При записи следующих подряд одинаковых чисел рекомендуется использовать сокращенную запись вида $I\times D$, где I целая константа, указывающая число повторений действительного числа. Например, запись 3×0,15 эквивалентна записи 0·15 0·15 0·15. На одной строке перфокарты допускается разместить не более 30 чисел с учетом повторения. В конце данных указывается признак конца файла/* . При наличии меньшего, чем определено *BUF* количества данных, этот признак вводится машиной, и задача снимается с соответствующей диагностикой об ошибке.

20. Комплект исходных данных программ расчета **трехмерных температурных полей** состоит из 13 групп. Четыре группы — N_0, *BUF*, *CORD1*, *CORD2* должны быть целого типа, остальные — вещественного типа. Последовательность этих групп следующая.

21. Номер N_0 рассчитываемого варианта. Номер может быть в пределах $10\leqslant N_0\leqslant32\,000$.

22. Группа данных *BUF* — управляющий массив, состоящий из пяти величин:

а) количество *NX* интервалов разбивки по оси x;

б) количество *NY* интервалов разбивки по оси y;

в) количество *NZ* интервалов разбивки по оси z;

г) количество участков *K1* области с различной теплопроводностью;

д) число границ *K2* области, на которых задаются условия теплообмена с окружающей средой, либо тепловые потоки.

23. Группа данных *DX* состоит из *NX* величин. Это величины интервалов между смежными плоскостями разбивки по оси x, задаваемые в метрах. Нумерация интервалов производится в направлении оси x, т. е. DX_1, DX_2, ..., DX_{NX}.

24. Группа данных *DY* состоит из *NY* величин, то же, что и *DX*, но по оси *y*.

25. Группа данных *DZ* состоит из *NZ* величин, то же, что и *DX*, но по оси *z*.

26. Группа данных *CORD*1 — список данных об участках областей с различной теплопроводностью. Данные располагаются в двухмерной таблице, причем каждая строка отводится для одного участка, и таким образом число строк в этой таблице соответствует числу участков. Строка состоит из 7 величин. В первой колонке помещают порядковый номер участка, затем три координаты (*x*, *y*, *z*) ближайшего к началу координат угла участка, и, наконец, три величины *L*, *M*, *N* о числе интервалов в участке по направлению осей координат *x*, *y*, *z*. Координаты приводятся в условной системе. Строчки располагают в порядке номеров участков. Всего данных в группе *CORD*1 должны быть $7 \times K1$ величин.

27. Группа данных *XLAM* — список теплопроводностей в Вт/(м·°С) в направлении оси *x* для различных участков области, располагаемые по порядку номеров. Всего данных *XLAM* должно быть *K*1.

28. Группа данных *YLAM*, то же, что и *XLAM*, но по оси y.

29. Группа данных *ZLAM* — то же, что и *XLAM*, но по оси Z.

30. Группа данных *Q* — список величин источников тепла, Вт/м^3, вводимого (со знаком «+») или уходящего (со знаком «—») в участке области. Данные размещаются по порядку номеров участков. При отсутствии источников следует задавать нули. Всего данных должно быть *K*1.

31. Группа данных *CORD*2 — список данных о границах. Данные располагаются в двухмерной таблице, причем каждая строка отводится для одного участка границы, и таким образом число строк в этой таблице соответствует числу участков границ. Строка состоит из 7 величин. В первой колонке помещают порядковый номер участка границы, затем для этой границы три координаты (*x*, *y*, *z*) вершины, ближайшей к началу координат и, наконец, три величины *L*, *M*, *N* о числе интервалов на участке границы в направлении осей координат *x*, *y*, *z*. Данные о координатах определяют в условной системе координат. Строчки располагают в порядке номеров границ. Так как границы представляют собой плоскости, то одна из величин *L*, *M* или *N* должна быть равна нулю.

32. Группа данных *ALPHA* — список коэффициентов теплоотдачи поверхности α, Вт(м^2·°С), участков границ исследуемой области. Данные располагаются в порядке возрастания номеров границ. Для граничных условий первого рода принимать $\alpha = 0{,}9 \cdot 10^{18}$. В случае, если на соответствующем участке границы задана величина теплового потока, перпендикулярного границе, принимать условно $\alpha = 0$.

33. Группа данных ТЕМР либо о температурах на границах, °С, либо о тепловых потоках, Вт/м², располагающиеся в порядке возрастания номеров границ. Если $\alpha \neq 0$, то ТЕМР представляет данные о температурах, в случае $\alpha = 0$, ТЕМР представляет данные о тепловых потоках. Входящие в исследуемую область потоки записываются со знаком «+», выходящие — «—».

В конце данных указывается признак конца файла /*.

34. Пересчет температурного поля, определенного при температурах $t_в^с$ и $t_н^с$ (назовем их старыми) в поле, определяемое температурами $t_в^н$ и $t_н^н$ (назовем их новыми), при неизменных всех без исключения остальных параметрах (геометрии и значений λ_i и α_i) производится в двух случаях:

а) необходимо определить новое значение температуры $t_i^н$ в какой-либо точке i исследуемой области внутри или на границе ее при новых значениях температур наружного и внутреннего воздуха $t_н^н$ и $t_в^н$. Температура $t_i^н$ в этой точке определяется по формуле

$$t_i^н = t_в^н - \frac{t_в^с - t_i^с}{t_в^с - t_н^с}\left(t_в^н - t_н^н\right); \qquad (1)$$

б) требуется определить новое значение температуры наружного воздуха $t_н^н$, при которой температура $t_i^н$ в точке i исследуемой области достигает заданного значения. Температура наружного воздуха определяется в этом случае по формуле

$$t_н^н = t_в^н - \frac{t_в^с - t_н^с}{t_в^с - t_i^с}\left(t_в^н - t_i^н\right). \qquad (2)$$

Плотность теплового потока $q^с$, определенная при значении температур $t_в^с$ и $t_н^с$, пересчитывается в плотность теплового потока $q^н$, соответствующего значениям $t_в^н$ и $t_н^с$, по формуле

$$q^н = q^с \frac{t_в^н - t_н^н}{t_в^с - t_н^с}. \qquad (3)$$

Пример 1. В точке i исследуемой области получено значение температуры $t_i^с = 6{,}32$ °С при температурах воздуха снаружи помещения $t_н^с = -38$ °С и внутри $t_в^с = 18$ °С. Определим температуру в этой же точке, используя эту конструкцию в другой климатической зоне, т. е. при температуре снаружи $t_н^н = -30$ °С. Расчет производим по формуле

$$t_i^н = 18 - \frac{18 - 6{,}32}{18 + 38}(18 + 30) = 7{,}8\ °С.$$

Пример 2. В точке l на внутренней поверхности ограждающей конструкции получена недопустимо низкая температура, равная $t_l^c = 6{,}94$ °С при температурах наружного воздуха $t_н^c = -30$ °С и внутри помещения $t_в^c = 18$ °С.

Определим температуру наружного воздуха, при которой температура на поверхности в точке l будет удовлетворять требованиям норм из условия невыпадения конденсата, т. е. равной 8,8 °С при относительной влажности воздуха 55 %. Эту температуру рассчитываем по формуле

$$t_н^п = 18 - \frac{18 + 30}{18 - 6{,}94}(18 - 8{,}8) = -21{,}9\ °С.$$

При температуре наружного воздуха ниже —21,9 °С будет выпадать конденсат на внутренней поверхности стены.

35. Рекомендуемый комплекс программ для расчета температурных полей написан на Фортране, предназначен для использования на ЭВМ серии ЕС, использует память на магнитных дисках. Вариант программы для решения двухмерных задач[1] эффективно использовать на ЭВМ серии ЕС-1033 и более крупных машинах, требует минимально 250 Кбайт оперативной памяти и при объеме файла на диске 4—5 Кбайт, решает задачи, расчленяемые в пределах 4000—4500 элементарных блоков. Вариант программы для решения трехмерных задач[2] эффективно использовать на более крупных ЭВМ (ЕС-1040, ЕС-1060), требует минимально 256 Кбайт оперативной памяти и решает задачи, расчленяемые в пределах 25 000—30 000 элементарных параллелепипедов. Отличительные особенности комплекса: возможность решения неоднородных задач со сложной геометрией, компактный способ представления исходных данных и их контроль, проверка решения по балансу тепловых потоков.

Сопровождающие расчет автоматическое вычерчивание с помощью графопостроителя схемы конструкции и рассчитанного поля изолиний температур в двухмерном случае и аксонометрическое построение схемы конструкции и поля изолиний поверхностей в трехмерном случае обеспечивают наглядное представление результатов и происходящих тепловых процессов в рассчитываемых ограждающих конструкциях.

Пример 3. Определить сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из трехслойной панели, включающей стык с внутренней стеной. Анализируемый участок конструкции схематически

---

[1] Программа расчета двухмерных стационарных температурных полей сдана в МОФАП при ЦНИИпроекте, шифр 4-28Н.

[2] Программа расчета трехмерных стационарных температурных полей имеется в НИИСФе

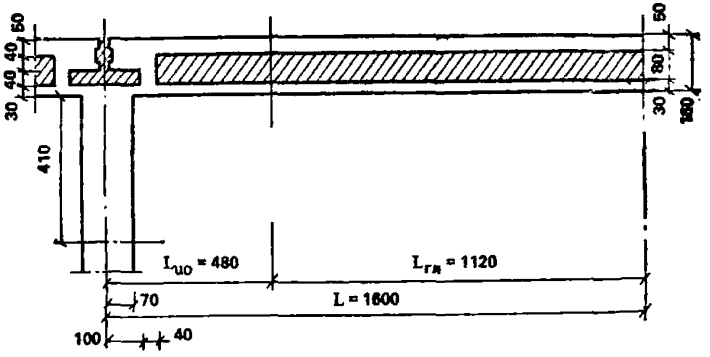


Рис. 5. Выделение для расчета фрагмента стыкового соединения стеновых панелей и перегородки

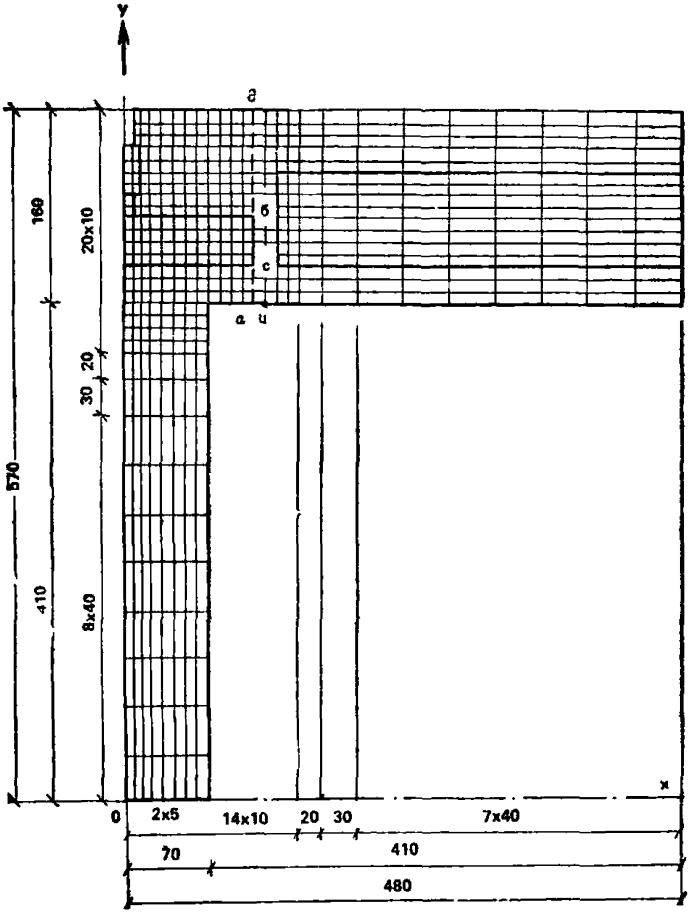


Рис. 6. Схема разбивки исследуемой области на блоки

изображен на рис. 5. На нем выделены две части — неоднородной по теплотехническим свойствам ограждающей конструкции длиной $L_{но}$ и однородной конструкции длиной $L_{гл}$. Предполагается, что рассматриваемая конструкция простирается перпендикулярно к плоскости чертежа, и температурные условия неизменны по высоте. Распределение температуры в этом случае во всех плоскостях, параллельных плоскости поперечного сечения стыка панели, будет одинаково, т. е. в плоскости рассматриваемого поперечного сечения будет двухмерное температурное поле. На наружной стороне ограждения заданы температура воздуха $t_н = -32$ °С и коэффициент теплоотдачи поверхности $\alpha_н = 23$ Вт/(м²·°С). На внутренней стороне ограждения заданы температура воздуха $t_в = 18$ °С и коэффициент теплоотдачи поверхности $\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м²·°С). В углу (на расстоянии по 30 мм от вершины) принято значение $\alpha_у = 7{,}6$ Вт/(м²·°С). В панели на расстоянии от оси стыка около трех толщин ее возможно практически одномерное распределение температуры, т. е. $q_x = 0$ в сечениях, отстоящих от оси на 480 мм (см. рис. 5). Поэтому здесь назначены границы исследуемой области с упомянутым условием. Подобным способом была назначена и граница исследуемой области δ—δ, во внутренней стене отстоящая от внутренней поверхности наружной стены на 410 мм.

Чертеж принятой разбивки исследуемой области на блоки с неравномерными интервалами приведен на рис. 6. Здесь же жирными линиями показаны участки исследуемой области с различными теплопроводностями. Размеры блоков в мм. Всего в исследуемой области оказалось 509 элементарных блоков. На рис. 7 приведена принятая разбивка исследуемой области, вычерченная в условных координатах. На этом рисунке около вершин участков исследуемой области и участков границ подписаны их координаты (отделенные одна от другой точкой с запятой). Например, 9, 1 означает $x' = 9$, $y' = 1$, в условных координатах. Начало и конец участка границы обведены кружками.

В табл. 1 приведен комплект исходной информации к этой задаче.

Выполнив на ЭВМ расчет температурного поля стыка, переходим к расчету приведенного сопротивления теплопередаче. Предварительно вычислим величину

$$R_{0,гл} = 1/\alpha_в + \delta_{жб}/\lambda_{жб} + \delta_{из}/\lambda_{из} + 1/\alpha_п = 1/8{,}7 + (0{,}05 + \\ + 0{,}03)/2{,}04 + 0{,}08/0{,}05 + 1/23 = 1{,}798 \text{ м}^2\cdot\text{°С/Вт}.$$

Используем величину ΣQ сумму тепловых потоков, входящих в исследуемую область, равную 29,2655 Вт/м. Искомую величину R_0

Таблица 1

Полный комплект информации к примеру 3

1) *NO*=2

2) *BUF*

N	*L*	*z*1	*z*2	*M*1	*M*2
30	25	7	7	8	4

3) *DX*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.000	0.005	0.005	0.010	0.010	0.010	0.000	0.010	0.010	0.010
10	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.030	0.040
20	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.000			

4) *DY*

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.000	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.030
10	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
20	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
30	0.010	0.000								

5) *CORD*1

ну	чв	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	6	1	1	9	1	9	15	13	15	13	18	1	18	0	0	0	0
2	4	1	18	13	18	13	22	2	22	0	0	0	0	0	0	0	0
3	4	15	18	26	18	26	26	15	26	0	0	0	0	0	0	0	0
4	8	13	15	26	15	26	18	15	18	15	26	26	26	26	31	31	31
5	4	1	22	2	22	2	24	1	24	0	0	0	0	0	0	0	0

	6	4	1	24	3	24	3	28	1	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Z1	7	8	2	22	13	22	13	31	2	31	2	28	3	28	3	24	2	24	

6) *XLAM* ну

	1	2	3	4	5	6	7
0	2.04	0.05	0.05	2.04	0.05	0.06	2.04

7) *YLAM* ну

	1	2	3	4	5	6	7
0	2.04	0.05	0.05	2.04	0.05	0.06	2.04

8) *CORD2*

	ну	чв	1		2		3		4	
			X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	1	2	1	1	9	1	0	0	0	0
	2	2	9	1	9	10	0	0	0	0
	3	3	9	12	9	15	12	15	0	0
	4	2	12	15	26	15	0	0	0	0
	5	2	26	15	26	31	0	0	0	0
	6	4	26	31	2	31	2	28	1	28
Z2	7	2	1	28	1	1	0	0	0	0

9) *ALPHA* нг

	1	2	3	4	5	6	7
0	8,7	7,6	8,7	0	23		20

10) *TEMP* нг

	1	2	3	4	5	6	7
0	18	18	18	0	—32		0

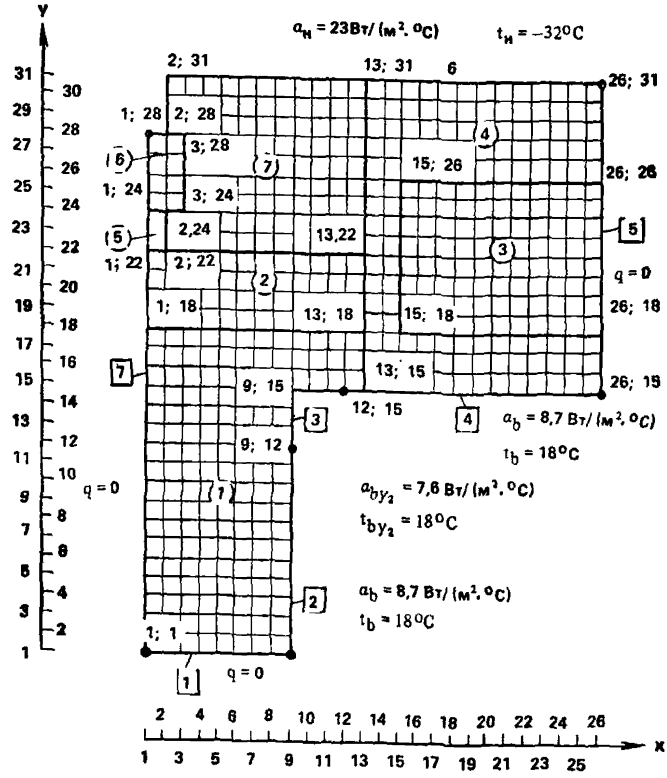


Рис. 7. Схема разбивки исследуемой области на блоки в условных ординатах

определяем по формуле

$$R_0 = \frac{t_в - t_н}{\Sigma Q + \dfrac{t_в - t_н}{R_{о,гл}} L_{гл}} L = \frac{18 - (-32)}{29{,}2655 + \dfrac{18 - (-32)}{1{,}7976} 0{,}48} 1{,}6 =$$

$$= 1{,}877 \text{ м}^2 \cdot °\text{С/Вт}$$

В результате просмотра выведенных на печать значений температур на внутренней поверхности ограждения выявлено самое холодное место — вблизи железобетонного ребра (см. рис. 6, точка *и*), где температура равна 6,072 °С ≈ 6,1 °С. Это недопустимо для жилых помещений, так как на внутренней поверхности ограждений должна быть температура выше температуры точки росы $t_р = 8{,}8$ °С при влажности воздуха в них 55 %. Как видим, рассматриваемый стык нуждается в доработке.

В начале изложения этого примера было указано, что положе-

ние границы исследуемой области $a-a$ назначили по опыту подобных расчетов, т. е. с некоторым риском ошибиться. Поэтому по окончании расчета следует удостовериться, что эта граница не была назначена слишком близко от оси симметрии стыка. Наиболее простой проверкой является сопоставление полученной по расчету на ЭВМ температуры на внутренней поверхности стены в сечении $a-a$ (14,523 °С) с температурой, рассчитанной по известной формуле для однородного ограждения, т. е. для ограждения, в котором имеет место одномерный температурный поток

$$\tau_в = t_в - \frac{t_в - t_н}{R_{о,гл}\,\alpha_в} = 18 - \frac{18-(-32)}{1{,}7976 \cdot 8{,}7} = 14{,}803\ °С.$$

Расхождение, как видим, составляет 0,28 °С. Оно указывает на некоторую неточность в расчетах, вызванную отсутствием запаса в положении границы $a-a$ исследуемой области. Для выяснения величины вводимой таким образом ошибки в искомые величины $t_н$ и ΣQ расчет был повторен в случае, когда граница $a-a$ была отодвинута вправо на 480 мм. Это дополнительный участок по оси ox прошли 12 интервалами размером 0,04 м каждый. Разбивка по оси oy осталась неизменной. В этом случае исследуемая область оказалась расчлененной на 701 элементарный блок. Время расчета составило 15 мин. Температура в самом холодном месте на внутренней поверхности оказалась 6,074 °С, т. е. на 0,002 °С выше, чем в результате расчета основного варианта. Сумма тепловых потоков, входящих в часть исследуемой области, которая соответствует области принятой в расчет в основном варианте, равна $\Sigma Q = 29{,}219$ Вт/м, т. е. на 0,047 Вт/м (или на 0,16 %) меньше, чем получилось в результате расчета основного варианта. Напомним, что рассматриваемый вариант расчета поставили с целью более точно воспроизвести взаимодействие исследуемой области с отсекаемой частью ограждающей конструкции. Теперь температура на внутренней поверхности стены в точке, лежащей на границе $a'-a'$, отодвинутой от границы $a-a$ на 480 мм, оказалась 14,802 °С, т. е. совпадающей до 0,001 °С с температурой, полученной по расчету одномерной схемы.

Пример 4. Требуется рассчитать приведенное сопротивление теплопередаче торцовой трехслойной панели здания (рис. 8, *а*). Панель изготовлена из железобетона теплопроводностью 2,04 Вт/(м·°С). Внутрь панели вложены четыре термовкладыша из минераловатного утеплителя теплопроводностью 0,06 Вт/(м·°С). По краям панели и между вкадышами расположены ребра из железобетона толщиной 50 мм, соединяющие слои железобетона с наружной и внутренней сторон.

Процесс теплопередачи в таких панелях трехмерен, так как распределение температур определяется не только потоками тепла, пер-

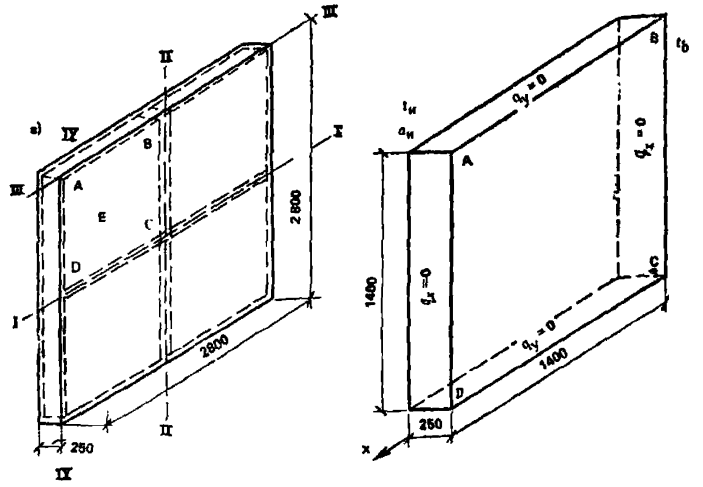


Рис. 8. Выделение области исследования для расчета и схемы рассчитываемой панели

а — рассчитываемая панель; б — исследуемая область для расчета по программе

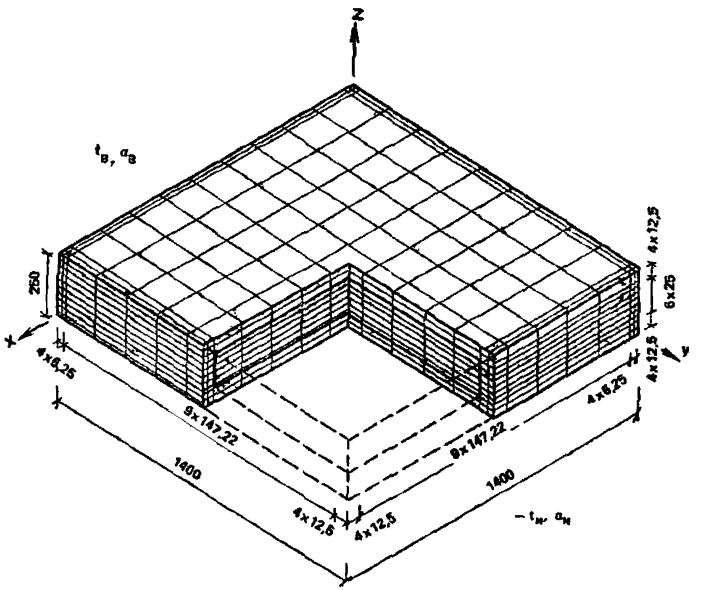


Рис. 9. Схема разбивки исследуемой области на блоки

пендикулярными плоскости стены, но и потоками тепла в плоскости стены.

Теплотехнический расчет таких ограждений состоит в определении трехмерного температурного поля и полей тепловых потоков на поверхностях панели.

Так как поле температур симметрично относительно осей *I—I* и *II—II* (см. рис. 8, *а*), проходящих через середину панели в плоскости стены, то для расчета возможно выделить исследуемую область по этим сечениям, приняв по условию симметрии равные нулю тепловые потоки, перпендикулярные этим осям. Также возможно провести ограничение области исследования по осям III — III и IV — IV, проходящим через середины стыков. В этих местах по условиям симметрии возможно установить равные нулю тепловые потоки, перпендикулярные этим осям. Таким образом, для расчета выделяют четверть панели, схема которой представлена на рис. 8, *б*. Там же показаны условия теплообмена на границах: с внутренней поверхности ограждения здания температура воздуха $t_в = 20\,°C$ и коэффициент теплоотдачи $\alpha_в = 8{,}7$ Вт/(м²·°С), значения величин с наружной поверхности соответственно равны $t_н = -20\,°C$ и $\alpha_н = 23$ Вт/(м²·°С).

На рис. 9 приведен чертеж расчленения исследуемой области на 4046 неравномерных элементарных прямоугольных параллелепипедов — 17 интервалов по оси x, 17 интервалов по оси y и 14 интервалов по оси z. Расчленение осуществлялось параллельными плоскостями, перпендикулярными координатным плоскостям и отстоящим одна от другой на неравномерные интервалы. Причем плоскости раздела участков с различной теплопроводностью должны совпадать с плоскостями разбивки. При этом участки, содержащие ребра, были расчленены на четыре сечения в направлении каждой из осей. Величины теплопроводности материалов были назначены как для изотропных материалов, т. е. $\lambda_x = \lambda_y = \lambda_z$ и были равны для железобетона 2,04 Вт/(м·°С), для утеплителя из минеральной ваты 0,06 Вт/(м·°С).

На рис. 10 приведена принятая разбивка исследуемой области на элементарные параллелепипеды в условных координатах, т. е. когда все интервалы между параллельными сторонами заданы одинаковыми. Для уменьшения ошибок при кодировании на рис. 11 в условных координатах представлены порознь в виде элементарных параллелепипедов отдельные участки исследуемой области с различной теплопроводностью. Там же для каждого участка в условных координатах подписаны координаты вершин, ближайших к началу осей координат и числа интервалов в участке в направлении осей координат.

В табл. 2 приведен полный комплект исходных данных к рассматриваемому примеру. Каждая строка содержит до 80 символов,

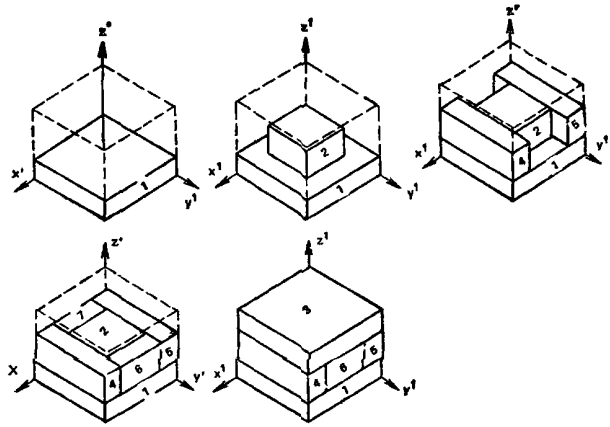


Рис. 10. Разбиение исследуемой области на элементарные параллелепипеды (в условных координатах)

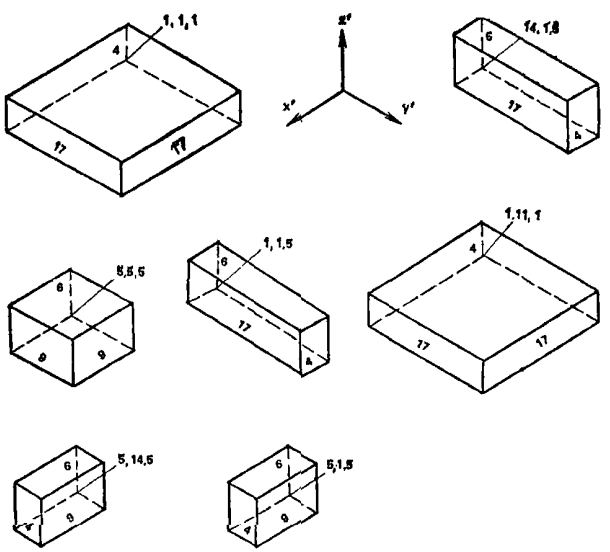


Рис. 11. Кодирование элементарных параллелепипедов (в условных координатах)

Таблица 2

Комплект исходных данных к примеру 2

(*NO*)	200
(*BUF*)	17 17 14 7 6 20000 5003
(*DX*)	4×0.006 9×0.1472222 4×0.0125
(*DY*)	4×0.006 9×0.1472222 4×0.0125
(*DZ*)	4×0.0125 6×0.025 4×0.0125
(*CORD*1)	1 1 1 1 17 17 4
	2 5 5 5 9 9 6
	3 1 1 11 17 17 4
	4 14 1 5 4 17 6
	5 1 1 5 4 17 6
	6 5 14 5 9 4 6
(*XLAM*)	2.04 0.06 5×2.04
(*YLAM*)	2.04 0.06 5×2.04
(*ZLAM*)	2.04 0.06 5×2.04
(*Q*)	7×0.0
(*CORD*2)	1 18 1 1 0 17 14
	2 1 18 1 17 0 14
	3 1 1 1 0 17 14
	4 1 1 1 17 0 14
	5 1 1 1 17 17 0
	6 1 1 15 17 17 0
(*ALPHA*)	4×0.0 8.7 23.3
(*TEMP*)	4×0.0 20.0 —20.0

включая пробел. Числа отделены одно от другого двумя и более пробелами, Предназначенные для пробивки данные приведены справа от вертикальной линии, Слева от нее помещены пояснения.

В результате расчета на ЭВМ были получены поля температур и тепловых потоков, а также баланс потоков на границах исследуемой области; при этом входящий поток $Q_{вх}=72{,}484$ Вт, выходящий $Q_{вых}=72{,}478$ Вт и небаланс 0,006 Вт, что свидетельствует о достаточно высоком качестве данного решения. Приведенное сопротивление рассчитали по формуле

$$R_0^{пр}=\frac{t_в-t_н}{Q}F=\frac{20+20}{72{,}481}1{,}96=1{,}08\ м^2\cdot°C/Вт.$$

Для сравнения укажем, что то же сопротивление, рассчитанное в предположении одномерности тепловых потоков, перпендикулярных плоскости стены, равно 1,42 м²·°С/Вт, т. е. оно на 30 % завышено по отношению к результатам решения трехмерной задачи.

Распределение температур на внутренней поверхности рассчитанного участка крайне неравномерно. Если температура в точке *E* (см. рис. 8, *б*) равна 18,2 °С, то температура в точке *A* падает до 6,9 °С, что может вызвать при расчетной температуре наружного воздуха —20 °С выпадение конденсата вблизи торца панели, а при

расчетной температуре —30 ° на всей поверхности вблизи ребер. Наибольшие плотности тепловых потоков, как и следовало ожидать, проходят по ребрам конструкции и достигают наибольшей величины по углам конструкции. Например, в точке А на рис. 8, *б* плотность теплового потока равна 113,6 Вт/м² по сравнению с 15,5 Вт/м² в точке *Е*. По распределению температур на внутренней и наружной поверхностях конструкции и по плотностям тепловых потоков, пересекающих поверхность конструкции, было рассчитано поле локальных термических сопротивлений конструкции. Эти величины изменялись от 0,185 м²·°С/Вт (точка *А*) до 2,42 м²·°С/Вт (точка *Е*). Для сравнения укажем, что соответствующие термические сопротивления, рассчитанные в предположении одномерного распределения температур равны 0,122 м²·°С/Вт (точка *А*) и 2,55 м²·°С/Вт (точка *Е*).

ПРИЛОЖЕНИЕ 15

СОЧЕТАНИЯ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ И ГРАНИЧНЫХ НАРУЖНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

Наименование помещений	Группы животных и птиц	Расчетные параметры внутреннего воздуха		Граничная наружная температура отопительного периода $t_н^г$
		температура	относительная влажность	
		°С	%	°С
1. Помещения для крупного рогатого скота беспривязного содержания	Коровы на глубокой подстилке	3	85	—15
	Молодняк	3	85	—10
2. Помещения для крупного рогатого скота привязного и боксового содержания	Коровы, скот на откорме	10	75	— 5
	Телята до 4—6 мес	15	75	0
	Молодняк от 4—6 до 12 мес	12	75	— 2

Продолжение

Наименование помещений	Группы животных и птиц	Расчетные параметры внутреннего воздуха		Граничная наружная температура отопительного периода $t_н^г$
		температура	относительная влажность	
		°С	%	°С
3. Свинарники	Свиноматки холостые и легкосупоросные	16	75	0
	Ремонтный молодняк	20	70	5
	Поросята-отъемыши и свиноматки тяжелосупоросные и подсосные свиньи на откорме	18	75	— 4
4. Птичники напольного содержания	Куры-несушки яичных пород	16	70	0
	Куры маточного стада	16	70	5
	Молодняк кур в возрасте до 4 недель	24	70	12
	То же, в возрасте более 4 недель	20	70	8
5. Птичники клеточного содержания	Куры-несушки промстада	16	70	0
	Молодняк кур в возрасте до 4 недель	24	70	8
	То же, в возрасте более 4 недель	20	70	5

Примечание. Уточненные значения граничных наружных температур отопительного периода следует определять расчетом на основе уравнений тепловлажностного баланса помещений.

РАСЧЕТНЫЕ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА

№ п. п.	Город	Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{н5}$, °С	Среднегодовая температура наружного воздуха $t_н^{с.г}$, °С	Длительность чертой),	
				12	10
1	Сковородино (Амурская обл.)	—40	—4,7	281 —10,4	263 —12,4
2	Котлас (Архангельская обл.)	—34	—1,2	280 —3	260 —4,2
3	Мезень (Архангельская обл.)	—35	—11	326 —2,7	291 —4,4
4	Онега (Архангельская обл.)	—31	1,3	290 —1,7	269 —3,2
5	Астрахань	—23	9,4	199 0,3	185 —0,8
6	Стерлитамак (Башкирская АССР)	—36	2,6	242 —4,5	225 —6
7	Бодайбо (Иркутская обл.)	—47	—5,6	286 —11,3	271 —12,7
8	Калининград (Калининградская обл.)	—18	6,8	243 2,6	218 1,5
9	Петрунь (Коми АССР)	—43	—4,4	319 —6,8	302 —7,8
10	Куйбышев	30	3,8	235 —3,8	219 —5,1
11	Курган	37	0,8	262 —6,3	233 —7,4
12	Ленинград	—26	4,3	264 0	242 —1,1
13	Липецк	—27	5,1	233 —1,5	213 —3

ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПУНКТОВ СССР

$z_{от.пер}$, сут (над чертой), и средняя температура $t_{от.пер}$, °С (под отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$, °С, наружного воздуха

8	5	0	−5	−10	−15	−20	−25
246	228	195	171	148	125	96	61
−13,7	−14,8	−17,9	−20,2	−22,6	−26,8	−29,3	−32,3
237	214	169	133	88	37	19	9
−5,5	−6,8	−8,8	−10,8	−12,7	−21,3	−25,7	−29,7
269	243	197	147	99	39	21	10
−5,5	−6,6	−8,7	−11,1	−15	−21,6	−25,6	−30,1
248	220	174	122	60	23	10	4
−4,2	−5	−7	−8,8	−16,4	−20,1	−24,5	−28,5
172	146	113	56	27	13	6	2
−1,6	−2,8	−6,7	−11,2	−15,7	−19,5	−23,2	−26,5
210	191	160	128	66	45	24	10
−7,1	−8	−10,4	−13,7	−17,7	−21,3	−25	−28,8
257	235	198	172	141	121	101	76
−13,9	−15,6	−18,9	−23,8	−26,4	−28,7	−31,1	−34,2
195	163	104	55	25	10	2	1
0,6	−0,4	−2,1	−6,5	−11,5	−16	−22	−26
283	258	221	180	128	87	55	31
−9	−9,7	−13	−16,3	−19,6	−23,2	−27	−30,5
206	176	154	117	79	40	20	10
−6,1	−7,5	−9,3	−11,2	−14,2	−18,5	−23	−27
217	199	169	141	90	62	33	15
−8,7	−10,5	−1,2	−14,8	−17,8	−21	−24	−26,5
219	192	143	81	32	15	5	2
−2,2	−3,8	−5,7	−10,4	−14,5	−18,7	−23,1	−26,3
199	175	147	100	49	24	10	3
−3,9	−4,7	−7,8	−11,8	−15,5	−19,2	−23,1	−27,6

№ п.п.	Город	Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{н5}$, °С	Среднегодовая температура наружного воздуха $t_{н}^{с.г.}$, °С	Длительность чертой),	
				12	10
14	Дмитров (Московская обл.)	—28	3,4	263 —1,3	236 —2,8
15	Москва	—26	3,8	265 —0,9	230 —2,7
16	Мурманск	—27	0	357 —0,3	303 —2,4
17	Новосибирск	—39	—0,1	265 —6,2	243 —8,3
18	Омск	—37	0	259 —6,4	237 —8,2
19	Оренбург	—31	3,9	230 —4,6	213 —6
20	Кизел (Пермская обл.)	—36	0,1	282 —4,2	263 —5,4
21	Псков	—26	4,6	258 0,3	233 —1
22	Саратов	—27	5,3	225 —2,9	207 —4,3
23	Свердловск	—35	1,2	268 —4	246 —5,3
24	Смоленск	—26	4,4	251 —0,5	227 —1,9
25	Ставрополь	—19	9,1	208 2,1	190 1,2
26	Казань	—32	2,8	250 —3,8	230 —4,9

$z_{от.пер}$, сут (над чертой), и средняя температура $t_{от.пер}$, °С (под отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$, °С наружного воздуха

8	5	0	−5	−10	−15	−20	−25
217 / −3,8	197 / −5	155 / −8,5	107 / −12	65 / −15,5	35 / −19,5	16 / −23	6 / −27
213 / −3,6	191 / −4,3	151 / −7,1	102 / −11,5	51 / −15	29 / −19	13 / −22	5 / −26,5
281 / −3,3	245 / −4,6	192 / −6,5	130 / −8,4	53 / −15	30 / −19,4	14 / −22	6 / −26,5
230 / −8,7	212 / −10,3	178 / −12,4	151 / −13,6	125 / −15,3	85 / −22	55 / −24	30 / −29
220 / −9,5	207 / −10,4	175 / −12,6	148 / −14,4	119 / −18,5	80 / −22,7	55 / −26,7	30 / −30
201 / −7,1	185 / −7,7	157 / −10,1	125 / −11,5	87 / −14,4	45 / −19	25 / −23,5	11 / −27,5
243 / −6,6	219 / −8	178 / −10,8	143 / −13,7	103 / −17,2	53 / −21	26 / −25,1	11 / −29,2
212 / −2	185 / −3	139 / −6,3	77 / −10,7	31 / −14,9	13 / −19,2	5 / −22,9	1 / −26,9
198 / −5	177 / −5,8	147 / −8,8	107 / −12,8	58 / −16,5	33 / −20,3	15 / −23,9	5 / −27,8
228 / −6,4	206 / −7,9	169 / −11,8	135 / −14,4	94 / −19,2	63 / −22,8	39 / −26,5	21 / −30,2
210 / −2,7	185 / −3,7	145 / −7	85 / −11	48 / −14,7	24 / −18,7	12 / −26,7	5 / −27
169 / 0,3	143 / −0,8	93 / −5	50 / −9	25 / −12,5	8 / −16,5	3 / −21	— / 20
218 / −5,7	194 / −6,9	160 / −9,6	128 / −12,5	80 / −16	45 / −20	25 / −23,8	10 / −28

№ п. п.	Город	Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{н5}$, °С	Среднегодовая температура наружного воздуха $t_{н}^{с.г.}$, °С	Длительность чертой),	
				12	10
27	Березово (Тюменская обл.)	—43	— 3,8	303 —7,4	282 —8,9
28	Николаевск-на-Амуре (Хабаровский край)	—35	— 2,4	270 —8,2	262 —9
29	Челябинск	—34	— 1,5	257 —4,5	236 —6,1
30	Грозный	—18	10,1	198 2,4	180 1,2
31	Чебоксары	—31	2,9	237 —3,4	232 —4,4
32	Порецкое (Чувашская АССР)	—31	3,6	243 —2,9	225 —4,2
33	Усть-Мая (Якутская АССР	—53	—10	288 —16,7	270 —18,7
34	Винница	—21	6,7	231 1,1	207 —0,1
35	Донецк	—23	7,5	216 0,1	198 —0,9
36	Запорожье	—22	9	207 1,3	190 0,4
37	Киев	—22	7,2	222 0,8	204 —0,2
38	Ялта (Крымская обл.)	— 6	13	177 6,5	157 5,9
39	Ровно	—21	6,9	231 1,5	210 0,4
40	Минск	—25	5,4	243 0,4	220 —0,9

$z_{от.пер}$, сут (над чертой), и средняя температура $t_{от.пер}$, °С (под отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$, °С наружного воздуха

8	5	0	−5	−10	−15	−20	−25
265	245	207	177	144	107	63	38
−9	−11,2	−14	−16,6	−19,8	−23	−27,5	−31,3
246	221	190	156	128	101	71	39
−9,8	−11,6	−15	−18,4	−20,6	−23	−25,5	−29,9
218	201	167	135	99	60	35	20
−7,3	−8,3	−10,8	−13,2	−18	−22,5	−26	−29,5
164	141	89	32	15	7	2	1
0,4	−0,5	−4,9	−10,6	−15	−18,6	−22,7	−26,2
217	195	160	120	75	40	20	10
−5,4	−6,5	−9,1	−12,2	−15,8	−20	−24,6	−28,5
211	191	156	116	65	38	18	8
−5,1	−6,1	−8,9	−12	−16,2	−20,3	−24,6	−28,5
254	238	210	190	169	160	132	118
−20,5	−22,1	−26,9	−30,2	−33,2	−35,6	−37,5	−39,3
189	161	116	51	23	10	5	1
−1,1	−2,2	−5,5	−10,1	−14,2	−18,3	−22,6	−27,4
183	159	122	57	20	12	6	4
−1,8	−2,8	−5	−10,6	−15	−18,8	−22,5	−26,4
174	147	102	38	18	10	5	4
−0,4	−1,6	−3,9	−10,5	−14,6	−18,3	−22,1	−26
187	161	118	51	23	10	5	2
−1,1	−2,6	−5	−10	−15,8	−17,8	−22,3	−27
126	73	21	3	1	—	—	—
5,2	2,6	−2	−6,7	−10	—	—	—
191	160	112	45	21	10	5	1
−0,5	−1,6	−4,6	−9,9	−14,1	−18,7	−22,6	−26
203	182	134	73	35	18	8	5
−1,2	−2,5	−5,4	−10,5	−14,4	−18,3	−23,5	−27

№ п. п.	Город	Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92) $t_{н5}$, °С	Среднегодовая температура наружного воздуха $t_{н}^{с.г.}$, °С	Длительность чертой),	
				12	10
41	Нукус (Узбекская ССР)	—19	10,8	187 / 0,7	174 / —0,4
42	Наманган	—14	13,4	164 / 3,2	148 / 2,1
43	Ташкент	—15	13,3	161 / 4,2	151 / 3,4
44	Алма-Ата	—25	8,7	201 / 0,2	181 / —1,2
45	Целиноград	—35	1,4	244 / —6,2	828 / —7,7
46	Душанбе	—13	14,7	153 / 5,4	134 / 4,6
47	Ленинабад (Таджикская ССР)	—13	14,1	161 / 4,2	143 / 2,7
48	Ереван	—10	11,6	177 / 2,8	159 / 1,5
49	Ашхабад	—11	16,3	145 / 5,4	133 / 4,8
50	Таллин	—22	5	270 / 1,5	244 / 0,4

Примечания: 1. Для пунктов, отсутствующих в приложении, метрам географического пункта метеослужбы. Допускается исполь ляции по средней температуре наиболее холодной пятидневки $t_{н5}$. $z_{от.пер}$ и $t_{от.пер}$ допускается определять на основе графической интер

$z_{от.пер}$, сут (над чертой), и средняя температура $t_{от.пер}$, °С (под отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$, °С наружного воздуха

8	5	0	−5	−10	−15	−20	−25
158	138	104	56	30	13	4	1
−1,4	−2,2	−6,7	−11	−14,6	−18,3	−21,9	−25
131	103	56	23	8	2	1	—
1,2	0,1	−4,1	−8,7	−12,9	−17,2	−20	—
130	98	36	21	8	3	1	—
2,4	0,2	−4,6	−9,4	−13,5	−17,1	−20	—
166	146	113	79	48	29	14	6
−2,1	−3,2	−8,1	13	−16,9	−20,7	−24,6	−28,6
215	198	169	143	113	64	37	27
−8,7	−9,7	−11,6	−13,4	−18,2	−22,6	−26,3	−29,8
109	73	35	10	5	8	—	—
3,6	1,6	−2,9	−7,8	−12,6	−15,8	—	—
129	97	43	20	8	2	—	—
2	0	−4,5	−8,6	−12,6	−15,8	—	—
139	115	74	30	13	6	3	1
0,5	−1,0	−4,3	−9,3	−13,5	−17,6	−20,9	−25
111	74	38	12	6	1	—	—
3,9	1,2	−3,5	−8,1	−12,5	−15	—	—
221	187	130	51	25	10	6	1
−0,8	1,6	−4,8	−9,5	−13,5	−17,3	−21,6	−26

следует использовать данные ближайшего по климатическим парозовать также данные приложения на основе графической интерпо-

2. Для промежуточных значений граничной температуры $t_н^г$ величины поляции.

РАСЧЕТНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСЛОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ТИПОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ЗДАНИЙ

№ условного климатического района	Расчетные температуры наружного воздуха, °С, средние наиболее холодных					Длительность $z_{от.пер}$, сут (над чертой), и средняя температура $t_{от.пер}$, °С (под чертой), отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$, °С, наружного воздуха									
	пятидневок $t_{н5}$	трех суток $t_{н3}$	суток $t_{н1}$	суток $t'_{н1}$	средняя годовая $t_н^{с.г}$										
	обеспеченностью														
	0,92	0,92	0,92	0,98	°С	12	10	8	5	0	−5	−10	−15	−20	−25
I	−10	−12	−14	−17	13	180 6	155 4,5	130 3,5	100 1	50 −2,5	15 −6,5	5 −10	1 −15	— —	— —
II	−20	−23	−25	−29	8	220 2	200 1	180 0	150 −2,5	105 −6	60 −10	30 −13,5	12 −17	5 −20	1 −25
III	−30	−33	−35	−39	3,5	250 −3	235 −4	220 −5	195 −7	155 −10	110 −13,5	170 −17	40 −20,5	20 −23,5	10 −28

№ условного климатического района	Расчетные температуры наружного воздуха, °С, средние наиболее холодных					Длительность $t_{от.пер}$, сут (над чертой), и средняя температура $t_{от.пер}$, °С (под чертой), отопительного периода при граничной температуре $t_н^г$ °С наружного воздуха									
	пятидневок $t_{н5}$	трех суток $t_{н3}$	суток $t_{н1}$	суток $t'_{н1}$	средняя годовая $t_н^{с.г}$										
	обеспеченностью														
	0,92	0,92	0,92	0,98	°С	12	10	8	5	0	—5	—10	—15	—20	—25
IV	—40	—42	—44	—47	—1	275 —8	263 —9	250 —10	230 —11,5	195 —14,5	155 —17,5	120 —20,5	90 —24	60 —24	35 —31,5
V	—50	—52	—54	—57	—7,5	300 —13,5	290 —14	280 —15	265 —16	235 —18,5	200 —21,5	170 —24,5	135 —27,5	105 —30,5	75 —35

Примечания: 1. Граничную наружную температуру отопительного периода $t_н^г$, при которой следует начинать (заканчивать) снабжение животноводческих и птицеводческих зданий техническим теплом, необходимо назначать в соответствии с указаниями прил. 15.

2. Среднегодовая температура наружного воздуха $t_н^{с.г}$ соответствует длительности периода 365 сут при максимальном условном значении граничной температуры $t_{н\,макс}^г = 36$ °С.

3. Для промежуточных значений величин, указанных в таблице, рекомендуется использовать интерполяцию на основе графических построений.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. **Принципы теплотехнического проектирования ограждающих конструкций зданий** 4

2. **Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций** . 6

Порядок расчета 6

Определение экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_o^{эк}$ 8

Примеры расчета экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_o^{эк}$ 11

Определение приведенного сопротивления теплопередаче $R^{пр}$ 21

Примеры расчета приведенного сопротивления теплопередаче с использованием ЭВМ 29

Примеры расчета приведенного сопротивления теплопередаче без использования ЭВМ 37

Расчет сопротивления теплопередаче покрытий теплого чердака 46

Расчет ограждающих конструкций производственных зданий в обычных условиях эксплуатации 52

Расчет ограждающих конструкций производственных зданий с агрессивной средой 53

3. **Теплоустойчивость ограждающих конструкций** 57

4. **Теплоусвоение поверхности полов** 66

5. **Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций** 72

6. **Сопротивление паропроницанию ограждающих конструкций** 76

7. **Прогнозирование долговечности наружных ограждающих конструкций** 89

Приложение 1. *Температура точки росы* $t_р$, °С, *для различных* значений температуры $t_в$ и относительной влажности воздуха в помещении 112

Приложение 2. Стоимость топлива и тепловой энергии по основным экономическим зонам страны на период до 2000 года для расчетов сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий и тепловой изоляции 115

Приложение 3. Расширенная табл. 1 прил. [13*] . . . 115

Приложение 4. Приведенное сопротивление теплопередаче и коэффициент теплотехнической однородности некоторых ограждающих конструкций . 116

Приложение 5. Определение экономически целесообразной толщины и сопротивления теплопередаче для наиболее употребляемых в промышленном строительстве ограждающих конструкций . 134

Приложение 6. Выбор конструктивных решений окон и фонарей и способ вентиляции помещений промышленных зданий в зависимости от производственных выделений тепла, влаги и вредных веществ 152

Приложение 7. Значения упругости водяного пара E_p, Па, и относительной влажности воздуха φ_p над насыщенными растворами солей при B = =100,7 кПа 155
Приложение 8. Упругость насыщенного водяного пара E, Па, для различных значений температуры при B = =101 кПа 155
Приложение 9. Зависимость упругости водяного пара $e_в$ от температуры $t_в$ и относительной влажности $\varphi_в$ внутреннего воздуха 158
Приложение 10. Изолинии сорбционного влагосодержания керамзитобетона γ=1200 кг/м³, содержащего хлорид натрия, при изменении относительной влажности воздуха $\varphi_в$, %, и массового солесодержания С, % 159
Приложение 11. Программа расчета долговечности однослойных ограждающих конструкций 161
Приложение 12. Программа вычислений на микрокалькуляторах 167
Приложение 13. Диалоговый программный комплекс автоматизации расчетов, предусмотренных главой СНиП II-3-79** 182
Приложение 14. Подготовка к расчету температурных полей по программам НИИСФа 196
Приложение 15. Сочетания расчетных параметров внутреннего воздуха животноводческих и птицеводческих помещений и граничных наружных температур отопительного периода 220
Приложение 16. Расчетные климатологические характеристики отопительного периода при различных граничных температурах наружного воздуха для конкретных географических пунктов СССР . 223
Приложение 17. Расчетные климатологические характеристики условных климатических районов, используемые при типовом проектировании ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий 230

Справочное издание

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Мл. редактор И. Я. Драчевская
Технический редактор Т. В. Кузнецова
Корректор Н. А. Шатерникова

ИБ № 5735

Сдано в набор 06.07.89. Подписано в печать 29.11.89. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л. 12,6. Усл. кр.-отт. 12,81. Уч.-изд. л. 13,81. Тираж 37 500 экз. Изд. № XII-3114. Заказ № 362. Цена 70 коп.

Стройиздат. 101442 Москва, Каляевская, 23а

Владимирская типография Госкомитета СССР по печати
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7.

gost.e-ecolog.ru