ЛенЗНИИЭП
Госгражданстроя

Пособие

по теплотехническому расчету инвентарных зданий (передвижных, контейнерных и сборно-разборных)

(к СНиП II-3-79*)

Москва 1986

gost.e-ecolog.ru

Ленинградский
зональный научно-исследовательский
и проектный институт типового
и экспериментального проектирования
жилых и общественных зданий
(ЛенЗНИИЭП) Госгражданстроя

Пособие

по теплотехническому расчету инвентарных зданий (передвижных, контейнерных и сборно-разборных) (к СНиП II-3-79*

Утверждено
приказом по ЛенЗНИИЭП
от 19 марта 1984 г. №69

Москва Стройиздат 1986

УДК 697.1:69.033

Пособие по теплотехническому расчету инвентарных зданий (передвижных, контейнерных и сборно-разборных) (к СНиП II-3-79**)/ЛенЗНИИЭП. – М.: Стройиздат 1986. – 32 с.

Содержит требования к микроклимату инвентарных зданий различного функционального назначения. Изложены методы теплотехнических расчетов, способствующие оптимизации микроклимата и экономии топлива при эксплуатации зданий в экстремальных климатических условиях северных районов страны.

Для инженерно-технических работников проектных организаций. Табл. 4, ил. 6

3202000000 – 488
П ———————— Инструкт.-нормат., I вып. – 57-85
047(01) – 86

©Стройиздат, 1986

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсивное освоение северных регионов страны поставило перед строителями актуальную задачу проектирования и строительства зданий полной заводской готовности, пригодных для транспортировки в любые отдаленные районы и отвечающих современным требованиям, предъявляемым к среде обитания человека. Подобные здания – мобильные (инвентарные), – выпускаемые в настоящее время отечественной промышленностью, не всегда обладают необходимыми качествами, что в значительной мере связано с отсутствием специально разработанных для их проектирования документов. Действующие строительные нормы и правила создавались для проектирования традиционных многоэтажных зданий и поэтому не учитывают специфику мобильных (инвентарных) домов: относительно большую площадь наружных ограждений, наличие продуваемого пространства под домом, повышенную герметичность и малую инерционность. Эти особенности необходимо учитывать при проектировании тепловой защиты зданий подобного типа.

Настоящее Пособие, содержащее необходимые дополнения к СНиП II-3-79** в части теплотехнического расчета мобильных (инвентарных) зданий, будет способствовать повышению качества проектирования зданий этого типа.

Пособие разработано ЛенЗНИИЭП (канд. техн. наук И.А. Казанцев, канд. биол. наук О.Е. Гаврилова, канд. техн. наук М.А. Еремеев, инженеры Л.Т. Бошнякович, Ж.А. Фершукова, А.Г. Рудский, П.Н. Семенюк) при участии НИИСФ (кандидаты техн. наук А.П. Кротов, Л.К. Марков, М.А. Гуревич, Ю.А. Табунщиков), НИИСК (кандидаты техн. наук В.П. Хоменко, Г.Г. Фаренюк), МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана (кандидаты мед. наук И.С. Кирьянова и Т.К. Янышина).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Пособие распространяется на проектирование ограждающих конструкций контейнерных и сборно-разборных мобильных (инвентарных) зданий различного функционального назначения.

1.2. В целях сокращения потерь тепла в зимний период и поступлений тепла в летний период при проектировании мобильных (инвентарных) зданий и сооружений следует предусматривать:

а) объемно-планировочные решения с учетом обеспечения наименьшей площади ограждающих конструкций;

б) солнцезащиту световых проемов в соответствии с нормативной величиной коэффициента теплопропускания солнцезащитных устройств;

в) площадь световых проемов в соответствии с нормативным значением коэффициента естественной освещенности;

г) рациональное применение эффективных теплоизоляционных материалов;

д) уплотнение притворов и фальцев в заполнениях проемов и сопряжений элементов (швов) в наружных стенах и покрытиях.

1.3. Значения теплотехнических показателей строительных материалов, приведенные в прил. 3 СНиП II-3-79** для мобильных (инвентарных) зданий северного исполнения принимаются по условиям "А" (кроме душевых и бань), для зданий обычного и южного исполнения – по условиям "Б".

1.4. При проектировании мобильных (инвентарных) зданий и сооружений следует предусматривать защиту внутренней и наружной поверхностей стен от воздействия влаги (производственной и бытовой) и атмосферных осадков с учетом материала стен, условий их эксплуатации и требований нормативных документов по проектированию отдельных видов зданий, сооружений и строительных конструкций.

2. РАСЧЕТНЫЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1. При теплотехническом расчете наружных ограждающих конструкций отапливаемых мобильных (инвентарных) зданий температура наружного воздуха принимается для исполнения северного ("С") – минус 50°С, обычного ("О") – минус 35°С и южного ("Ю") – минус 20°С.

2.2. Расчетные температуры внутреннего воздуха принимаются для жилых и общественных зданий – 22°С, для производственных – 16°С.

2.3. Суточные колебания температуры внутреннего воздуха $A_{t_в}$, °С, не должны превышать:

в жилых домах, детских и лечебно-профилактических учреждениях:

в зимний период . . . ±1,5

в летний " . . . ±2

в общественных зданиях прочего функционального назначения:

в зимний период . . . ±2

в летний " . . . ±3

2.4. Значение температурного перепада $\Delta t^н$ между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренних поверхностей стен, указанное в СНиП II-3-79**(п. 2.2), в помещениях, имеющих более двух наружных ограждений, не считая пола, следует принимать на каждое дополнительное наружное ограждение для жилых домов, детских и лечебно-профилактических учреждений меньше на 1°С; для общественных зданий прочего функционального назначения больше на 0,5°С.

Примечание. При обогреваемых полах перепады $\Delta t^н$ между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренних поверхностей стен допускается принимать на один градус больше.

Температура необогреваемого пола должна быть не ниже: в жилых домах, детских и лечебно-профилактических учреждениях – 17°С; в общественных зданиях прочего функционального назначения – 16°С. Расчетная температура поверхности обогреваемого пола принимается равной 21°С.

3. СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. Сопротивление теплопередаче R_0 ограждающих конструкций следует принимать равным экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче $R_0^{эк}$, определенному исходя из условия обеспечения наименьших приведенных затрат (СНиП II-79**, п.215), но во всех случаях не менее требуемого сопротивления теплопередаче по гигиеническим условиям, определяемого по формуле (1).

3.2. Требуемое сопротивление теплопередаче $R_0^{тр}$, м²·°С/Вт, ограждающих конструкций, за исключением окон, следует определять по формуле

$$R_0^{тр} = n(t_в - t_н)/(\Delta t^н \alpha_в), \qquad (1)$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху; при расчете $R_0^{тр}$ ограждающих конструкций мобильных (инвентарных) зданий n – принимается равным 1; $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая по п.2.2 в соответствии с номенклатурой здания, °С; $t_н$ – расчетная зимняя температура наружного воздуха, принимаемая по п.2.1 в соответствии с исполнением здания, °С; $\Delta t^н$ – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, принимаемый в соответствии с табл.2, СНиП II-3-79** или п.2.4; $\alpha_в$ – коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С), определяемый для стен и потолка по формуле

$$\alpha_в = \alpha_к + \alpha_л(\tau_R - \tau_в)/(t_в - \tau_в), \qquad (2)$$

где $\alpha_к$ – коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м²·°С), определяемый по формуле

$$\alpha_к = k\sqrt[3]{\Delta t^н}, \qquad (3)$$

k – коэффициент, принимаемый равным для стен – 2,44; для потолка – 3,26; $\alpha_л$ – коэффициент лучистого теплообмена, принимаемый равным 4,9 Вт/(м^2·°С); τ_R – радиационная температура помещения относительно рассматриваемого ограждения, °С, определяемая по формуле

$$\tau_R = a\Sigma\tau_i F_i/(\Sigma F_i), \qquad (4)$$

где τ_i и F_i – соответственно температура и площадь внутренних поверхностей ограждений, участвующих в радиационном теплообмене с рассматриваемым ограждением; a – поправка, учитывающая влияние мебели и приборов отопления на τ_R, °С, принимаемая для отдельно стоящих блоков равной 1,05, для угловых помещений сборно-разборных зданий и комплексов из блок-контейнеров – 1,03; $\tau_в$ – температура на внутренней поверхности рассматриваемого ограждения, °С, определяемая по формуле

$$\tau_в = t_в - \Delta t^н. \qquad (5)$$

Температура внутренних поверхностей ограждений, граничащих с отапливаемыми помещениями, принимается равной температуре внутреннего воздуха см. п.2.2, с неотапливаемыми – на 2°С ниже. Температура внутренней поверхности окна $\tau_{ок}$, °С, определяется по формуле

$$\tau_{ок} = t_в - (t_в - t_н)R_в / R_{ок}, \qquad (6)$$

где $R_в$ – сопротивление теплообмену, равное 0,095 м^2·°С/Вт; $R_{ок}$ – сопротивление теплопередаче окон, принимаемое в соответствии с прил. 6 СНиП II-3-79*.

Примечание. При определении требуемого сопротивления теплопередаче конструкции пола принимается $\alpha_в = \alpha_л(\tau_R - \tau_п)/(t_в - \tau_п)$, а $\Delta t^н$ определяется по формуле

$$\Delta t^н = t_в - \tau_п, \qquad (7)$$

где $\tau_п$ – температура поверхности пола, принимаемая в соответствии с п.2.4.

3.3. Расчет $R_o^{тр}$ ограждающих конструкций сборно-разборных мобильных (инвентарных) зданий следует производить по угловому помещению 1-го этажа.

Пример 1. Определить требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{тр}$ наружных ограждающих конструкций одноэтажного сборно-разборного дома-общежития, предназначенного для эксплуатации в районах Севера (рис. 1).

Расчет производится для жилого блока. Внутренние размеры помещения: длина – 5,6 м; ширина – 2,6 м; высота 2,6 м. Окно расположено на торцевой стене. Размеры оконного проема: ширина – 1,2 м; высота – 1 м. Остекление тройное (R_o = 0,52 м^2·°С/Вт). Площади внутренних поверхностей ограждений: продольной стены – 14,6 м^2; торцевой (глухой) стены – 6,8 м^2; торцевой стены (без учета площади окна) – 5,6 м^2; потолка и пола – 14,6 м^2; окна – 1,2 м^2. Расчетные параметры $t_н$=–50°С (п.2.1.); $t_в$=22°С (п. 2.2); $\Delta t^н_{ст}$ = 5°С; $\Delta t^н_{пот}$ = 4°С (п. 2.3); $\tau_п$ = 17°С (п.2.4).

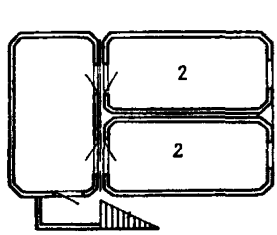


Рис. 1. Схема инвентарного дома-общежития из блок-контейнеров
1 – хозблок; 2 – жилые блоки

Принята следующая конструкция наружных ограждений. Стены и покрытия:

внутренний слой ДВП ($\gamma = 800$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}19$ Вт/ (м·°С) ; $\delta = 0{,}006$ м; $S = 5{,}49$ Вт/ (м^2·°С) ;

ДВП ($\gamma = 200$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}07$ Вт/ (м·°С) ; $\delta = 0{,}01$ м; $S = 1{,}67$ Вт/ (м^2·°С) ;

утеплитель – пенополистирол ($\gamma = 40$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}041$ Вт/ (м·°С) ; δ – определяется из условия обеспечения $R_o^{тр}$; $S = 0{,}41$ Вт/ (м^2·°С) ;

наружная обшивка – ДВП ($\gamma = 800$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}19$ Вт/ (м·°С) ; $\delta = 0{,}006$ м; $S = 5{,}49$ Вт/ (м^2·°С) ; вагонка ($\gamma = 500$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}14$ Вт/ (м·°С) ; $\delta = 0{,}013$ м; $S = 3{,}87$ Вт/ (м^2·°С) .

Наружная обшивка покрыта зеленой масляной краской ($\rho = 0{,}6$) . Пол (необогреваемый) :

линолеум ($\gamma = 1400$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}23$ Вт/ (м·°С) ; $\delta = 0{,}004$ м; $S = 5{,}87$ Вт/ (м^2·°С) ;

ДСП ($\gamma = 600$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}13$ Вт/ (м·°С) ; $\delta = 0{,}02$ м; $S = 3{,}93$ Вт/ (м^2·°С) ;

ДВП ($\gamma = 200$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}07$ Вт/ (м·°С) ; $\delta = 0{,}01$ м; $S = 1{,}67$ Вт/ (м^2·°С) ;

утеплитель – пенополистирол ($\gamma = 40$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}041$ Вт/ (м^2·°С) ; δ – определяется из условия обеспечения $R_o^{тр}$; $S = 0{,}41$ Вт/ (м^2·°С) ;

наружная обшивка – ДВП ($\gamma = 800$ кг/м^3; $\lambda = 0{,}19$ Вт/ (м · °С) ; $\delta = 0{,}006$ м; $S = 5{,}49$ Вт/ (м^2·°С) ;

Расчет $R_{o\,ст}^{тр}$ продольной стеновой панели ведется по формуле (1) . Коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения $\alpha_в$ рассчитывается по формуле (2) . Для этого в первую очередь определяется коэффициент конвективного теплообмена $\alpha_к$, Вт/ (м^2·°С) , по формуле (3)

$$\alpha_к = 2{,}44 \sqrt[3]{5} = 2{,}44 \cdot 1{,}71 = 4{,}2 .$$

Затем по формуле (5) рассчитывается температура на внутренней поверхности наружных ограждений $\tau_в$=°С

$$\tau_{ст} = 22 - 5 = 17$$
$$\tau_{пот} = 22 - 4 = 18$$

Температура поверхности окна $\tau_{ок}$, °С, определяется по формуле (6) . $\tau_{ок} = 22 - \{[22 - (-50)] \; 0{,}095\} / 0{,}52 = 8{,}8$.

Определение радиационной температуры помещения τ_R относительно рассматриваемого ограждения производится по формуле (4)

$$\tau_R = \frac{18 \times 14{,}6 + 17 \times 5{,}6 + 22 \times 14{,}6 + 22 \times 6{,}8 + 17 \times 14{,}6 + 8{,}8 \times 1{,}2}{14{,}6 + 5{,}6 + 14{,}6 + 6{,}8 + 14{,}6 + 1{,}2} 1{,}03 =$$

$$= \frac{1087{,}6}{57{,}4} 1{,}03 = 19{,}0 \times 1{,}03 = 19{,}5^{\circ}С.$$

Далее по формуле (2) находится $\alpha_в$ Вт/ (м^2·°С)

$$\alpha_в = 4{,}2 + 4{,}9 \; (19{,}5 - 17) / (22 - 17) = 4{,}2 + 2{,}4 = 6{,}6.$$

Тогда

$$R_{o\,ст}^{тр} = [22 - (-50)] \; / (5 \times 6{,}6) = 2{,}2 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{С/Вт}.$$

Расчет $R_{o\,пот}^{тр}$ потолка

$$\alpha_к = 3{,}26 \sqrt[3]{4} = 3{,}26 \times 1{,}59 = 5{,}2 \text{ Вт/ (м}^2\cdot^{\circ}\text{С)} ;$$

$$\tau_R = (17 \times 14{,}6 + 17 \times 5{,}6 + 22 \times 14{,}6 + 22 \times 6{,}8 + 17 \times 14{,}6 + 8{,}8 \times 1{,}2) \; 1{,}03 \; / \; / \; 57{,}4 = 19{,}2^{\circ}С;$$

$$\alpha_в = 5{,}2 + 4{,}9 \times (19{,}2 - 18) \; / \; (22 - 18) = 6{,}7 \text{ Вт/ (м}^2\cdot^{\circ}\text{С)} .$$

Тогда

$$R_{o\,пот}^{тр} = [22 - (-50)] \; / \; (4 \times 6{,}7) = 2{,}7 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{С/Вт}.$$

Расчет $R_{0\,п}^{тр}$ пола

$$\tau_R=(17 \times 14{,}6 + 22 \times 14{,}6 + 22 \times 6{,}8 + 17 \times 5{,}6 + 18 \times 14{,}6 + 8{,}8 \times 1{,}2) \quad 1{,}03 /$$

$$/57{,}4 = 19{,}5\ ^{o}C;$$

$$\alpha_в = \alpha_л = 4{,}9 \times (19{,}5 - 17) / (22 - 17) = 2{,}4\ Вт/(м^2 \cdot ^{o}C).$$

Тогда

$$R_{в\,п}^{тр}=[22 - (-50)] \ / \ (5 \times 2{,}4) = 6.0\ м^2 \cdot ^{o}C/Вт.$$

3.4. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций мобильных (инвентарных) зданий $R_0^{пр}$, $м^2 \cdot ^{o}C/Вт$, производится по формуле (11) СНиП П-3-79**, в которой коэффициент приведения r представляет собой произведение коэффициентов r_1, r_2, r_3, учитывающих снижение уровня сопротивления теплопередаче ограждения за счет различных путей локального переноса тепла.

Тогда

$$R_0^{пр} = R_0^{усл} r = R_0^{усл} r_1 r_2 r_3, \qquad (8)$$

где $R_0^{усл}$ – сопротивление теплопередаче наружных ограждений, определяемое по формулам (4) и (5) СНиП II-3-79** без учета факторов, снижающих уровень теплозащиты, $м^2 \cdot ^{o}C/Вт$.

Наиболее существенным и постоянным для слоистых панельных ограждений является коэффициент r_1, учитывающий влияние различных теплопроводных включений (обрамлений в стыках, ребер, вкладышей и т.д.), определяемый на основании экспериментальных данных или расчетов температурных полей по формуле

$$r_1 = \sum_{i=1}^{n} \beta^i r^i, \qquad (9)$$

где β^i – доля отдельных участков ограждения в общей площади; r^i – коэффициент приведения отдельного участка ограждения, определяемый по формуле

$$r^i = r_x^i r_y^i m^i, \qquad (10)$$

где r_x^i, r_y^i – коэффициенты приведения по вертикальному x и горизонтальному y сечениям участков ограждения, определяемые по формулам

$$r_x^i = (\omega_x^i - \omega_{x(усл)}^i)/(\omega_x^i - \omega_{x(ф)}^i), \qquad (11)$$

$$r_y^i = (\omega_y^i - \omega_{y(усл)}^i)/(\omega_y^i - \omega_{y(ф)}^i), \qquad (12)$$

где ω_x^i, ω_y^i – площади базовых эпюр температурного поля, равные произведению температуры внутреннего воздуха $t_в$ на высоту H^i или ширину B^i отдельного участка ограждения, $м \cdot ^{o}C$; $\omega_{x,y(усл)}^i$ – площади эпюр температурного поля, равные произведению условной (максимальной) температуры поверхности участка ограждения (т.е. определенной без учета теплопроводных включений) на высоту x или ширину y отдельного участка ограждения, $м \cdot ^{o}C$; $\omega_{x,y(ф)}^i$ – площади эпюр температурного поля, образованные высотой x или шириной y отдельных участков ограждения и температурными рельефами этих участков, определяемыми экспериментально или расчетным путем. При определении $\omega_{x,y(ф)}^i$ конфигурации площадей сечений температурного рельефа можно представить в упрощенном виде, например, в виде неправильной трапеции с основанием 0,5 и 2 толщины панели для сечения участков стыков или включений, и в виде правильной трапеции в зоне сквозных болтов с основанием, равным 2 и 6 диаметрам болта; m^i – коэф-

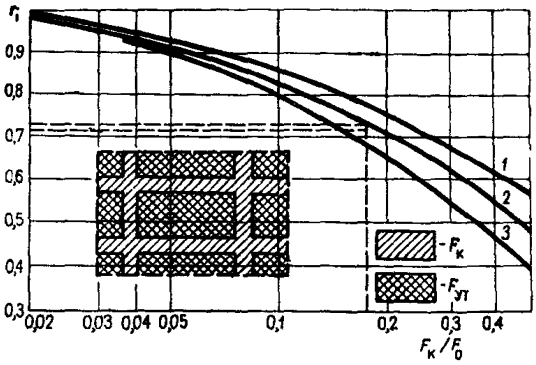


Рис.2. График для определения коэффициента r_1 при $\lambda_{ут}/\lambda_к$ равном:
1 – 0,4; 2 – 0,3; 3 – 0,2

фициент, учитывающий исключение накладываемых (двойных) "объемов" температурного рельефа поверхности в углах участков ограждения, определяемый по формуле

$$m^i = (r_x^i H^i + r_y^i B^i)/[r_x^i r_y^i (H^i + B^i)]. \qquad (13)$$

Если в панели теплопроводные включения представлены только ребрами каркаса, допустимо определять коэффициент r_1 по графику (рис.2) в зависимости от относительной площади каркаса $F_к / F_0$ (по внутренней поверхности конструкции) и отношения коэффициентов теплопроводности материалов утеплителя $\lambda_{ут}$ и каркаса $\lambda_к$.

Для неоднородных ребер каркаса $\lambda_к$ следует определять по формуле

$$\lambda_к = \delta / R'_к, \qquad (14)$$

где δ – толщина панели, м; $R'_к$ – термическое сопротивление каркаса, определяемое по формуле (5) СНиП II-3-79**.

Коэффициент r_2, учитывающий влияние воздухопроницаемости на понижение общего уровня теплозащиты ограждения, определяется по формуле

$$r_2 = R_0^в / R_0^{усл} = Q^{усл}/(Q^{усл} + Q^в), \qquad (15)$$

где $R_0^в$ – сопротивление теплопередаче ограждения с учетом понижения его за счет переноса тепла фильтрующимся через ограждение воздухом, $м^2 \cdot °С/Вт$; $Q^{усл}$ – количество тепла, переносимое через места ограждения без теплопроводных включений, $Вт/м^2$, определяемое по формуле

$$Q^{усл} = (t_в - t_н)/R_0^{усл}, \qquad (16)$$

где $t_в$, $t_н$ – расчетная температура внутреннего и наружного воздуха, °С; $Q^в$ – количество тепла, переносимое фильтрующимся воздухом через ограждения, $Вт/м^2$, определяемое по формуле

$$Q^в = G c_p (t_в - t_н) A_к / 3{,}6, \qquad (17)$$

где G – расход воздуха через ограждения, $кг/(м^2 \cdot ч)$, определяемый в соответствии с разд 5 СНиП II-3-79** либо в соответствии с другими нормативными документами; c_p – средняя теплоемкость воздуха при постоянном давлении, равная 1,005 кДж/(кг·°С); $A_к$ – коэффициент, учитывающий неравно-

мерность и влияние встречного теплового потока, равный 0,6 (СНиП II-33-75*, табл. 3).

Коэффициент $r_з$, учитывающий снижение уровня теплозащиты за счет внутренней конвекции воздуха в трехслойных ограждающих конструкциях с вентилируемыми воздушными прослойками и воздухопроницаемым утеплителем, определяется по формуле

$$r_з = R_o^к / R_o^{усл} = Q^{усл} / (Q^{усл} + Q^к), \qquad (18)$$

где $R_o^к$ – сопротивление теплопередаче с учетом понижения его за счет внутренней конвекции воздуха, м^2·°С/Вт; $Q^к$ – количество тепла, Вт/м^2, переносимое при внутренней конвекции воздуха в панели от одной поверхности ограждения к другой:

$$Q^к = Hc_p(\gamma_2 - \gamma_1)(t_1 - t_2)K / (R_н \cdot 8{,}0 \cdot 3{,}6), \qquad (19)$$

где H – высота панели, м; $R_н$ – сопротивление воздухопроницанию утеплителя, м^2·ч·Па/кг, (принимается по прил. СНиП II-3-79** или определяется экспериментально); γ_2, γ_1 – удельный вес воздуха, Н/м^3, соответственно во внутренней и наружной воздушных прослойках, определяется по формуле (31) СНиП II-3-79*; t_1, t_2 – средние температуры воздуха, °С, соответственно во внутренней и наружной воздушных прослойках, определяемые по формулам:

$$t_1 = t_в - (t_в - t_н)(R_в + R_{общ}^в)/R_o^{усл}, \qquad (20)$$

$$t_2 = t_н + (t_в - t_н)(R_н + R_{общ}^н)/R_o^{усл}, \qquad (21)$$

где $R_{общ}^в$, $R_{общ}^н$ – термическое сопротивление слоев от внутренней и наружной поверхности ограждения до воздушной прослойки, м^2·°С/Вт; K – коэффициент, учитывающий особенности действия воздушной прослойки, образованной вертикально расположенным профилированным листом с высотой складки не менее 10 мм, определяется по формуле:

$$K = (a + l - b)/(2l), \qquad (22)$$

где a – ширина удаленной от утеплителя полки профилированного листа, мм; b – ширина прилегающей к утеплителю полки профилированного листа, мм; l – шаг складки профилированного листа, мм.

Пример 2. Определить приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ стены с окном мобильного (инвентарного) здания. Расчетная температура наружного воздуха $t_н = -50$°С, внутреннего $t_в = 18$°С. Режим Б. Длина стены $B = 5{,}5$ м, высота $H = 2{,}8$ м, размер окна 1,2х1 м. Каркас панели деревянный, наружная облицовка – гофрированный металл, внутренняя – гофрированный фибролит с шагом складки $l = 200$ мм, высотой $h = 30$ мм и шириной полок, удаленной от утеплителя $a = 40$ мм, прилегающей к утеплителю $b = 100$ мм.

Утеплитель – минвата: плотность $\gamma_o = 50$ кг/м^3, толщина $\delta = 100$ мм, коэффициент теплопроводности $\lambda_{ут} = 0{,}06$ Вт/(м·°С), сопротивление воздухопроницанию $R_н^{усл} = 0{,}5$ м^2·ч·Па/кг. Требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{тр} = 1{,}30$ м^2·°С/Вт, сопротивление теплопередаче по полю панели $R_o^{усл} = 1{,}83$ м^2·°С/Вт, сопротивление теплопередаче окна $R_{ок} = 0{,}34$ м^2·°С/Вт. Воздухопроницаемость панели $G = 0{,}5$ кг/(м^2·ч).

Рассчитываем коэффициент $r_т$, учитывающий влияние теплопроводных включений, по формулам (9) – (13).

Для этого рассчитываем площади эпюр распределения температуры на внутренней поверхности участков (*а, б, в, г*) ω, м·°С панели по сечениям (рис. 3).

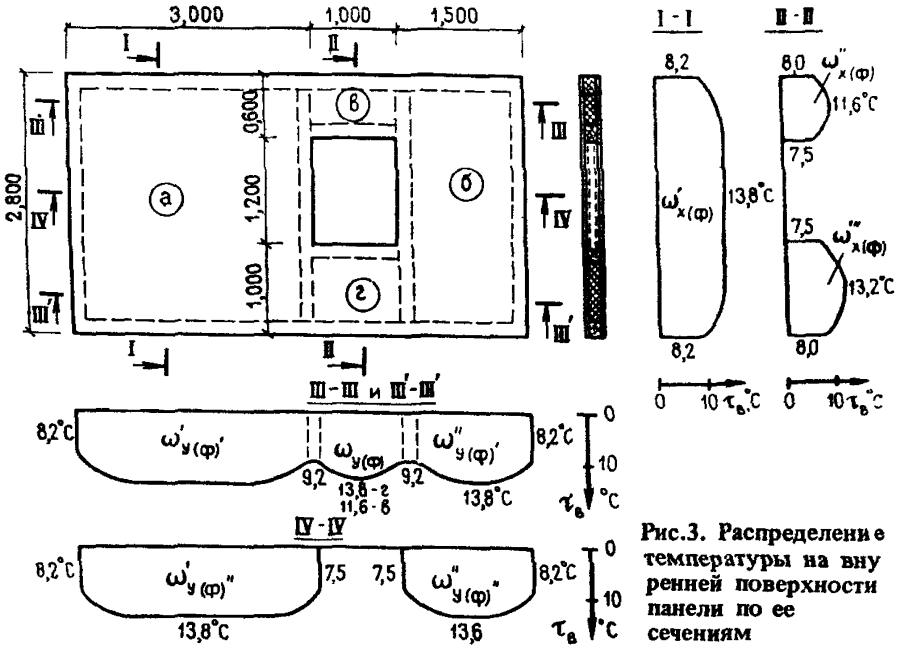


Рис.3. Распределение температуры на внутренней поверхности панели по ее сечениям

1. По вертикальным сечениям ось $x-x$:
площади базовых эпюр температурного поля отдельных участков

$$\omega_x^а = 2{,}8 \times 18 = 50{,}4$$
$$\omega_x^б = 2{,}8 \times 18 = 50{,}4$$
$$\omega_x^в = 0{,}6 \times 18 = 10{,}8$$
$$\omega_x^г = 1 \times 18 = 18$$

условные площади эпюр температурного поля отдельных участков (без учета теплопроводных включений)

$$\omega_{x(усл)}^а = 2{,}8 \times 13{,}8 = 38{,}64$$
$$\omega_{x(усл)}^б = 2{,}8 \times 13{,}8 = 38{,}64$$
$$\omega_{x(усл)}^в = 0{,}6 \times 11{,}6 = 6{,}96$$
$$\omega_{x(усл)}^г = 1 \times 13{,}2 = 13{,}2$$

фактические площади эпюр температурного поля отдельных участков

$$\omega_{x(ф)}^а = 2 \cdot 13{,}8 + 2 [\, 0{,}4\,(8{,}2 + 13{,}8)/2 \,] = 36{,}4$$
$$\omega_{x(ф)}^б = 2 \cdot 13{,}8 + 2 [\, 0{,}4\,(8{,}2 + 13{,}8)/2 \,] = 36{,}4$$
$$\omega_{x(ф)}^в = 0{,}3\,(8 + 11{,}6)/2 + 0{,}3\,(7{,}5 + 11{,}6)/2 = 5{,}8$$
$$\omega_{x(ф)}^г = 0{,}4\,(7{,}5 + 13{,}2)/2 + 0{,}4\,(8 + 13{,}2)/2 + 0{,}2 \cdot 13{,}2 = 11{,}02$$

2. По горизонтальным сечениям ось $y-y$:
площади базовых эпюр температурного поля отдельных участков

$$\omega_y^а = 3 \cdot 18 = 54$$
$$\omega_y^б = 1{,}5 \cdot 18 = 27$$
$$\omega_y^в = 1 \cdot 18 = 18$$
$$\omega_y^г = 1{,}0 \cdot 18 = 18$$

условные площади эпюр температурного поля отдельных участков (без учета теплопроводных включений)

$$\omega_{y(усл)}^а = 3{,}0 \times 13{,}8 = 41{,}4$$
$$\omega_{y(усл)}^б = 1{,}5 \times 13{,}80 = 20{,}7$$
$$\omega_{y(усл)}^в = 1{,}0 \times 11{,}6 = 11{,}6$$
$$\omega_{y(усл)}^г = 1{,}0 \times 13{,}8 = 13{,}8$$

фактические площади эпюр температурного поля отдельных участков

$$\omega^{a}_{y(\Phi)} = [(\omega^{a\ III-III}_{y(\Phi)} F^{III-III}_{a}) + (\omega^{a\ IV-IV}_{y(\Phi)} F^{IV-IV}_{a}) + (\omega^{a\ III'-III'}_{y(\Phi)} F^{III'-III'}_{a})] / F^{общ}_{a}$$

$$F^{III-III}_{a} = 3 \cdot 0{,}6 = 1{,}8 \text{ м}^2,$$
$$F^{IV-IV}_{a} = 3 \cdot 1{,}2 = 3{,}6 \text{ "}$$
$$F^{III'-III'}_{a} = 3 \cdot 1 = 3 \text{ "}$$
$$F^{общ}_{a} = 1{,}8 + 3{,}6 + 3 = 8.4$$

$$\omega^{a\ III-III}_{y(\Phi)} = 2{,}2\ 13{,}8 + 0{,}4\ (8{,}2 + 13{,}8)/2 + 0{,}4\ (9{,}2 + 13{,}8)/2 = 39{,}36$$

$$\omega^{a\ IV-IV}_{y(\Phi)} = 2{,}2\ 13{,}8 + 0{,}4\ (8{,}2 + 13{,}8)/2 + 0{,}4\ (7{,}5 + 13{,}8)/2 = 39{,}02$$

$$\omega^{a\ III'-III'}_{y(\Phi)} = 2{,}2 \cdot 13{,}8 + 0{,}4\ (8{,}2 + 13{,}8)/2 + 0{,}4\ (9{,}2 + 13{,}8)/2 = 39{,}36$$

$$\omega^{a}_{y(\Phi)} = (39{,}36 \cdot 1{,}8 + 39{,}02 \cdot 3{,}6 + 39{,}36 \cdot 3{,}0)/8{,}4 = 39{,}21$$

$$\omega^{б}_{y(\Phi)} = [(\omega^{б\ III-III}_{y(\Phi)} F^{III-III}_{б} + (\omega^{б\ IV-IV}_{y(\Phi)} F^{IV-IV}_{б}) + (\omega^{б\ III-III}_{y(\Phi)} F^{III'-III}_{б})]/F^{общ}_{б}$$

$$F^{III-III}_{б} = 1{,}5 \cdot 0{,}6 = 0{,}9 \text{ м}^2,$$
$$F^{IV-IV}_{б} = 1{,}5 \cdot 1{,}2 = 1{,}8 \text{ "}$$
$$F^{III'-III'}_{б} = 1{,}5 \cdot 1{,}0 = 1{,}5 \text{"}$$
$$F^{общ}_{б} = 4{,}2 \text{ "}$$

$$\omega^{б\ III-III}_{y(\Phi)} = 0{,}7 \cdot 13{,}8 + 0{,}4\ (9{,}2 + 13{,}8)/2 + 0{,}4\ (8{,}2 + 13{,}8)/2 = 18{,}66$$

$$\omega^{б\ IV-IV}_{y(\Phi)} = 0{,}7 \cdot 13{,}6 + 0{,}4\ (7{,}5 + 13{,}6)/2 + 0{,}4\ (8{,}2 + 13{,}6)/2 = 18{,}1$$

$$\omega^{б\ III'-III'}_{y(\Phi)} = 0{,}7 \cdot 13{,}8 + 0{,}4\ (9{,}2 + 13{,}8)/2 + 0{,}4\ (8{,}2 + 13{,}8)/2 = 18{,}66$$

$$\omega^{б}_{y(\Phi)} = (18{,}66 \cdot 0{,}9 + 18{,}1\ \ 1{,}8 + 18{,}66 \cdot 1{,}5)/4{,}2 = 18{,}42$$

$$\omega^{в}_{y(\Phi)} = 0{,}2 \cdot 11{,}6 + 2\ [0{,}4\ (9{,}2 + 11{,}6)/2] = 10{,}64$$

$$\omega^{г}_{y(\Phi)} = 0{,}2 \cdot 13{,}8 + 2\ [0{,}4\ (9{,}2 + 13{,}8)/2] = 11{,}96$$

3. Рассчитываем по формулам (11) – (12) коэффициент приведения r^{a}_{xy} по вертикальному и горизонтальному сечениям участка "а"

$$r^{a}_{x} = (50{,}40 - 38{,}64)/(50{,}40 - 36{,}40) = 0{,}84,$$
$$r^{a}_{y} = (54{,}00 - 41{,}40)/(54{,}00 - 39{,}21) = 0{,}85.$$

4. Рассчитываем по формуле (13) коэффициент m^{a}

$$m^{a} = (0{,}84 \cdot 2{,}8 + 0{,}85 \cdot 3{,}0)/\ 0{,}84 \cdot 0{,}85\ (2{,}8 + 3{,}0) = 1{,}18.$$

5. Рассчитываем по формуле (10) коэффициент приведения r^{a} для участка "а"

$$r^{a} = 0{,}84 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}18 = 0{,}842.$$

Аналогичным образом рассчитывались $r^{б}$, $r^{в}$ и $r^{г}$. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ п.п.	Показатель	Участки панели (рис. 3)			
		а	*б*	*в*	*г*
1.	Площади участков, м^2	8,4	4,2	0,6	1
2.	Отношение площади участка к площади панели	0,59	0,3	0,04	0,07

Продолжение табл. 1

№ п.п.	Показатель	Участки панели (рис 3)			
		а	*б*	*в*	*г*
3.	Площади эпюр распределения температуры на внутренней поверхности участков, ω, м·°С, по сечениям:				
	вертикальному ω_x^i	50,4	50,4	10,8	18
	$\omega_{x(\text{усл})}^i$	38,64	38,64	6,96	13,2
	$\omega_{x(\Phi)}^i$	36,4	36,4	5,8	11,02
	горизонтальному ω_y^i	54	27	18	18
	$\omega_{y(\text{усл})}^i$	41,4	20,7	11,6	13,8
	$\omega_{y(\Phi)}^i$	39,21	18,42	10,64	11,96
4.	Коэффициенты приведения по вертикальным и горизонтальным сечениям участка				
	r_x^i	0,84	0,84	0,77	0,69
	r_y^i	0,85	0,73	0,87	0,7
5	Коэффициент m^i	1,18	1,31	1,24	1,43
6	Коэффициент приведения для всего участка r^i	0,84	0,80	0,83	0,69

Рассчитаем по формуле (9) общий коэффициент приведения панели r_1, учитывающий теплопроводные включения

$$r_1 = 0{,}84 \cdot 0{,}59 + 0{,}80 \cdot 0{,}30 + 0{,}83 \cdot 0{,}04 + 0{,}69 \cdot 0{,}07 = 0{,}82.$$

Рассчитываем по формулам (15) – (17) коэффициент r_2, учитывающий влияние воздухопроницаемости на общий уровень теплозащиты ограждения

$$r_2 = \frac{[18 - (-50)] / 1{,}83}{[18-(-50)] /1{,}83 + \{0{,}5 \cdot 1{,}005 [18-(-50)] \ 0{,}6\} /3{,}6} = 0{,}87.$$

Рассчитываем по формулам (18) – (22) коэффициент r_3, учитывающий влияние на общий уровень теплозащиты внутренней конвекции воздуха в трехслойных ограждающих конструкциях с вентилируемыми воздушными прослойками и воздухопроницаемым утеплителем. Для этого по формулам (20) и (21) предварительно рассчитываем средние температуры воздуха во внутренней t_1 и наружной t_2 воздушных прослойках

$$t_1 = 18 - \{[18 - (-50)]/1{,}83\}[(1/8{,}7) + 0{,}003/0{,}3] = 13{,}4°\text{С},$$

$$t_2 = -50 + \{[18 - (-50)]/1{,}83\} 1/23 = -48{,}4°\text{С}.$$

Определяем удельный вес воздуха γ_1 и γ_2 соответственно внутренней и наружной воздушных прослоек [формула (31) СНиП II-3-79**].

$$\gamma_1 = 9{,}81 \cdot 353/(273 + 13{,}4) = 12{,}09 \text{ Н/м}^3;$$

$$\gamma_2 = 9{,}81 \cdot 353/[273 + (-48{,}4)] = 15{,}42 \text{ Н/м}^3.$$

Рассчитываем коэффициент K по формуле (22)

$$K = (40 + 200 - 100)/(2 \cdot 200) = 0{,}35.$$

Рассчитываем количество тепла, переносимого за счет внутренней конвекции воздуха от одной поверхности панели к другой, $Q^к$, Вт/м^2, по формуле (19)

$$Q^{к} = \frac{2{,}8 \cdot 1{,}005\ (15{,}42 - 12{,}09)\ [13{,}4 - (-48{,}4)]\ 0{,}35}{8 \cdot 3{,}6 \cdot\ 0{,}5} = 14{,}34,$$

$$r_3 = \frac{[18 - (-50)]/1{,}83}{[18-(-50)]/1{,}83+14{,}34} = 0{,}72.$$

Определяем общий коэффициент приведения сопротивления теплопередаче стеновой панели по глухой части r

$$r = r_1 r_2 r_3 = 0{,}82 \cdot 0{,}87 \cdot 0{,}72 = 0{,}51.$$

Рассчитываем по формуле (8) приведенное сопротивление теплопередаче стеновой панели по глухой части $R_o^{пр}$, м^2·°С/Вт

$$R_o^{пр} = 1{,}83 \cdot 0{,}51 = 0{,}93;$$
$$R_o^{пр} = 0{,}93 < R_o^{тр} = 1{,}3.$$

Увеличим толщину утеплителя до 160 мм, тогда

$$R_o^{уст} = 1/8{,}7 + 0{,}16/0{,}06 + 1/23 = 2{,}82 \text{ м}^2\cdot{}^{\circ}\text{С/Вт}.$$

Рассчитываем $R_o^{пр}$. Коэффициент r_1 примем без изменения, т.е. r_1=0,82

$$r_2 = \frac{[18 - (-50)]/2{,}82}{[18 - (-50)]/2{,}82 + 5{,}7} = 24{,}11/(24{,}11 + 5{,}7) = 0{,}81.$$

Для определения r_3 рассчитываем:

$$R_и = 0{,}5 \cdot 1{,}6 = 0{,}8 \text{ м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па/кг};$$
$$t_1 = \{18 - [18 - (-50)]/2{,}82\}[(1/8{,}7) + 0{,}003/0{,}3)] = 15^{\circ}\text{С};$$
$$t_2 = \{-50 + [18 - (-50)]/2{,}82\}1/23 = -49^{\circ}\text{С};$$
$$\gamma_1 = 9{,}81 \cdot 353/(273 + 15) = 12{,}02 \text{ Н/м}^3;$$
$$\gamma_2 = 9{,}81 \cdot 353/[273 + (-49)] = 15{,}46 \text{ Н/м}^3;$$

$$Q^{к} = \frac{2{,}8 \cdot 1{,}005\ (15{,}46 - 12{,}02)\ [15 - (-49)]\ 0{,}35}{8 \cdot 3{,}6 \cdot\ 0{,}8} = 9{,}59 \text{ Вт/м}^2;$$

$$r_3 = 24{,}11/(24{,}11 + 9{,}59) = 0{,}72;$$
$$r = 0{,}82 \cdot 0{,}81 \cdot 0{,}72 = 0{,}48;$$
$$R_o^{пр} = 2{,}82 \cdot 0{,}48 = 1{,}35 \text{ м}^2\cdot{}^{\circ}\text{С/Вт}.$$

Следовательно, приведенное сопротивление теплопередаче стеновой панели по глухой части соответствует $R_o^{тр}$=1,3 м^2·°С/Вт.

3.5. Толщину слоя утеплителя $\delta_{ут}$, м, ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями следует определять по формуле

$$\delta_{ут} = [R_o^{тр} - (1/\alpha_в + \Sigma R_{к.с} + 1/\alpha_н)]\ \lambda_{ут}, \qquad (23)$$

где $\Sigma R_{к.с}$ – сумма термических сопротивлений конструктивных слоев ограждений, м^2·°С/Вт; $\lambda_{ут}$ – коэффициент теплопроводности утеплителя, Вт/(м·°С).

В случае неоднородной или воздухопроницаемой ограждающей конструкции $\delta_{ут}$ следует определять по формуле

$$\delta_{ут} = \{R_o^{тр}/r - (1/\alpha_в + \Sigma R_{к.с} + 1/\alpha_н)\}\ \lambda_{ут}. \qquad (24)$$

3.6. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции по теплопроводному включению должна быть не ниже температуры точки

росы внутреннего воздуха при расчетной зимней температуре наружного воздуха.

Примечание. Относительную влажность внутреннего воздуха для определения температуры точки росы в местах теплопроводных включений ограждающих конструкций жилых и общественных зданий следует принимать: для исполнения "С" – 40%, для исполнения "О" и "Ю" – 50 %.

3.7. Температуру внутренней поверхности $\tau'_в$, °С, ограждающей конструкции следует определять согласно п. 2.11* СНиП II-3-79** Температуру внутренней поверхности стальных облицовок в зоне сквозных стальных болтов допускается определять по формуле (13) СНиП II-3-79**, т.е.

$$\tau'_в = t_в - [(t_в - t_н)/(R_0^{усл}\alpha_в)][1 + \eta(R_0^{усл}/R'_0 - 1)], \qquad (25)$$

где R'_0 – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт, в зоне сквозных стальных болтов, определяемое по формуле (4) СНиП II-3-79**; η – коэффициент, принимаемый по табл. 2

Таблица 2

Толщина панели, мм	Схема установки болтов (рис.4)	Коэффициент η при диаметре болта, мм				
		8	10	12	16	20
50	1	0,234	0,348	0,46	0,68	0,9
	2	0,14	0,18	0,248	0,345	0,445
	3	0,08	0,12	0,158	0,246	0,325
80	1	0,27	0,325	0,38	0,485	0,595
	2	0,145	0,175	0,202	0,262	0,32
	3	0,096	0,12	0,14	0,183	0,225
100	1	0,263	0,306	0,346	0,431	0,515
	2	0,149	0,162	0,193	0,238	0,283
	3	0,104	0,118	0,134	0,165	0,196
120	1	0,24	0,28	0,32	0,39	0,465
	2	0,152	0,17	0,187	0,222	0,258
	3	0,107	0,117	0,13	0,153	0,176

3.8. Температуру внутренней поверхности ограждения в зоне угловых стыков $\tau_в^{ст}$ следует определять на основании расчета температур на ЭВМ или экспериментально. Эту температуру возможно также определять по формуле

$$\tau_в^{ст} = t_в - \theta(t_в - \tau_{в_0}), \qquad (26)$$

где $\tau_{в_0}$ – температура внутренней поверхности, °С, одного из стыкуемых ограждений вне зоны теплопроводных включений, для расчета принимается температура ограждения с наименьшим термическим сопротивлением, рассчитываемая по формуле

$$\tau_{в_0} = t_в - (t_в - t_н)/(R_0^{усл}\alpha_в), \qquad (27)$$

θ – безразмерный коэффициент, определяемый по графику (рис. 5) в зависимости от отношения коэффициента теплопроводности материала утеплителя $\lambda_{ут}$ и приведенного коэффициента теплопроводности мате-

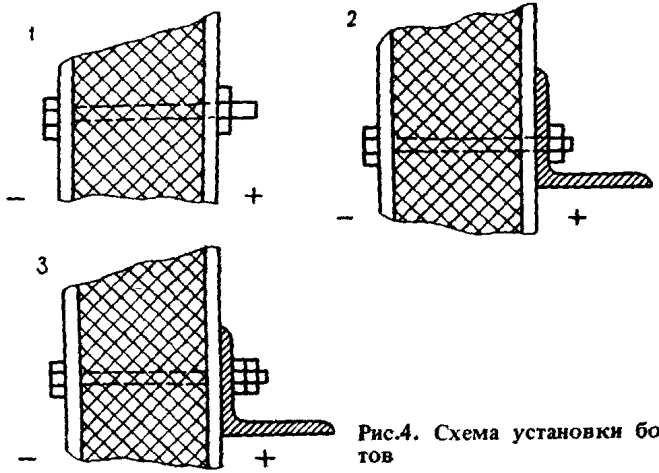


Рис.4. Схема установки болтов

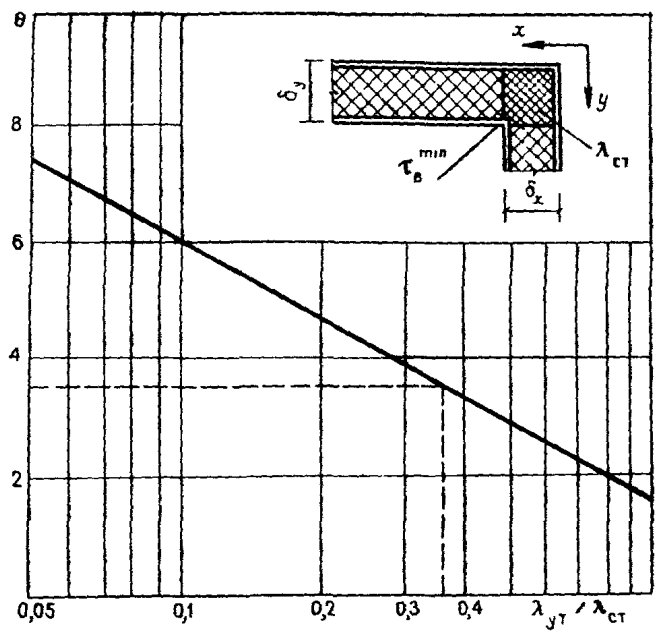


Рис.5. График для определения параметра θ

риалов конструкции углового стыка $\lambda_{ст}$, который рассчитывается по формуле

$$\lambda_{ст} = \sqrt{\lambda_x \lambda_y}, \qquad (28)$$

$$\lambda_x = \frac{\delta_x}{\delta_y} \frac{1}{R_x} \qquad (29)$$

$$\lambda_y = \frac{\delta_y}{\delta_x} \frac{1}{R_y}, \qquad (30)$$

где δ_x и δ_y – толщины стыкуемых ограждений, м; R_x, R_y – приведенные полные термические сопротивления конструкции углового стыка в двух взаимно перпендикулярных направлениях x и y, °С/Вт, определяемые по формуле

$$R_{x,y} = (R_{a(x,y)} + R_{\delta(x,y)})/2 \qquad (31)$$

Значения $R_{a(x,y)}$ и $R_{\delta(x,y)}$ определяются следующим образом. Для определения $R_{a(x,y)}$ рассматриваемая область стыка условно рассекается плоскостями, параллельными направлению x или y, на минимальное количество n участков с последовательно чередующимися однородными слоями

Для каждого i-го участка, состоящего из m слоев, вычисляется его термическое сопротивление

$$R_i = \frac{1}{F_i} \sum_1^m R_j = \frac{1}{F_i} \sum_1^m \frac{\delta_j}{\lambda_j}, \qquad (32)$$

где F_i – площадь сечения i-го участка, м^2, длина которого для удобства расчетов принимается равной 1 м; λ_j, δ_j – соответственно коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), и толщина, м, j-го слоя в участке

Значение $R_{a(x,y)}$ определяется по формуле

$$R_{a(x,y)} = 1/\left(\sum_1^n \frac{1}{R_i}\right). \qquad (33)$$

Для определения $R_{\delta(x,y)}$ рассматриваемая область условно рассекается плоскостями, перпендикулярными направлению x или y, на минимальное количество k участков с последовательно чередующимися однородными слоями.

Для каждого i-го участка, состоящего из l слоев, вычисляется его термическое сопротивление

$$R_i = \delta_i / (\Sigma \lambda_j F_j), \qquad (34)$$

где F_j, λ_j – соответственно площадь сечения, м^2, и коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С), j-го слоя в участке.

Значение $R_{\delta(x,y)}$ определяется по формуле

$$R_{\delta(x,y)} = \sum_1^k R_i. \qquad (35)$$

Пример 3. Требуется рассчитать температуру в угловом соединении стены и пола. Поперечный разрез углового соединения показан на рис. 6. Принимаем $t_н = -50$°С; $t_в = 22$°С.

Рассчитываем приведенный коэффициент теплопроводности в зоне углового стыка длиной в 1 м (область $ABCD$). При этом площади сечения F_i, через которые проходит тепловой поток, численно равны δ_i соответствующих участков Для простоты расчета не учитываем влияние гвоздей, шурупов и выступающей части швеллера. Расчетная область показана на рис. 6б.

Рассчитываем R_{ax}. Для этого зону $ABCD$ (см. рис. 6б) условно рассекаем на параллельные оси x участки I–VII и определяем их термические сопротивления $R_I - R_{VII}$, °С/Вт, по формуле (32)

$$R_I = \frac{1}{0{,}006}\left(\frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}01}{50} + \frac{0{,}156}{0{,}19}\right) = 160;$$

$$R_{II} = \frac{1}{0{,}065}\left(\frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}01}{50} + \frac{0{,}09}{0{,}14} + \frac{0{,}066}{0{,}04}\right) = 37{,}4;$$

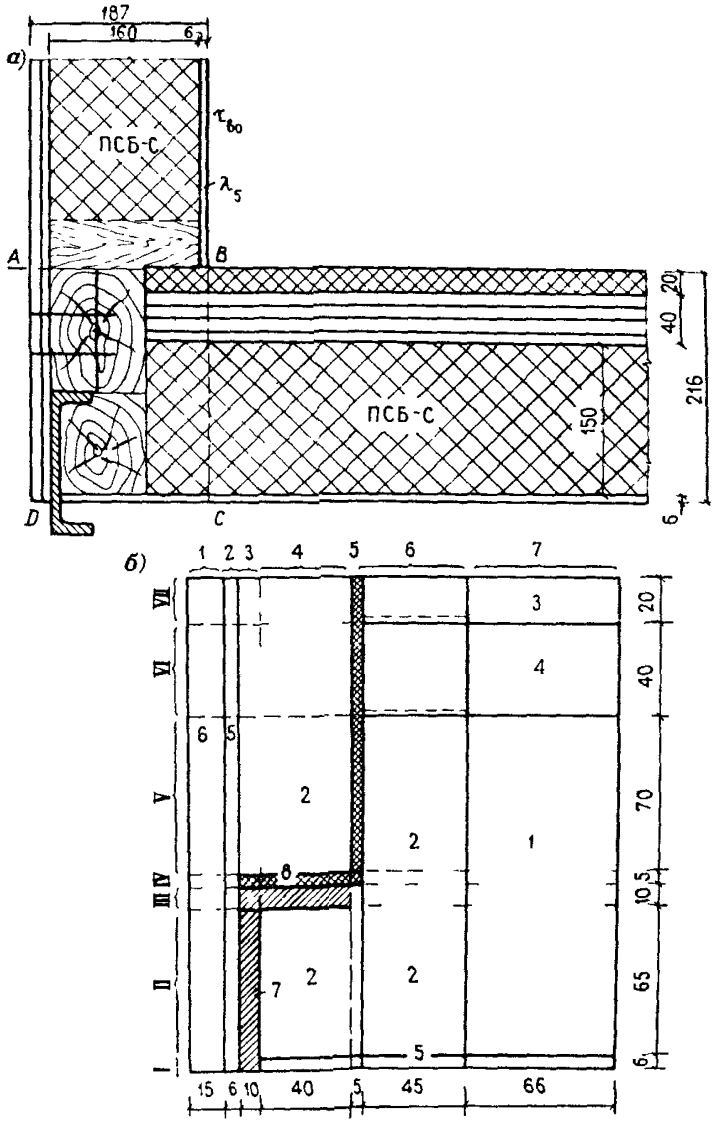


Рис.6. Поперечный разрез углового соединения панелей стены и пола *(а)* и его расчетная схема *(б)*

$\lambda_1 = 0,04$, $\lambda_2 = 0,14$, $\lambda_3 = 0,07$, $\lambda_4 = 0,16$, $\lambda_5 = 0,19$, $\lambda_6 = 0,14$, $\lambda_7 = 50$, $\lambda_8 = 0,2$, Вт/(м °С)

$$R_{III} = \frac{1}{0{,}010}\left(\frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}05}{50} + \frac{0{,}05}{0{,}14} + \frac{0{,}066}{0{,}04}\right) = 214{,}7;$$

$$R_{IV} = \frac{1}{0{,}005}\left(\frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}055}{0{,}20} + \frac{0{,}045}{0{,}14} + \frac{0{,}066}{0{,}04}\right) = 477;$$

$$R_{V} = \frac{1}{0{,}07}\left(\frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}05}{0{,}14} + \frac{0{,}005}{0{,}20} + \frac{0{,}045}{0{,}14} + \frac{0{,}066}{0{,}04}\right) = 35{,}6$$

$$R_{VI} = \frac{1}{0{,}04}\left(\frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}05}{0{,}14} + \frac{0{,}005}{0{,}20} + \frac{0{,}045}{0{,}14} + \frac{0{,}066}{0{,}07}\right) = 44{,}6$$

$$R_{VII} = \frac{1}{0{,}02}\left(\frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}05}{0{,}14} + \frac{0{,}005}{0{,}20} + \frac{0{,}045}{0{,}14} + \frac{0{,}066}{0{,}16}\right) = 62{,}7.$$

Рассчитываем по формуле (33) $R_{a(x)}$, °С/Вт

$$R_{a(x)} = \left[\left(\frac{1}{160{,}0} + \frac{1}{37{,}4} + \frac{1}{214{,}7} + \frac{1}{477{,}0} + \frac{1}{35{,}6} + \frac{1}{44{,}6} + \frac{1}{62{,}7}\right)\right]^{-1} = 9{,}4.$$

Далее определяем $R_{\delta(x)}$. Для этого условно рассекаем область $ABCD$ на участки $1-7$, перепендикулярные направлению оси x, и определяем по формуле (34) их термические сопротивления $R_1 - R_7$, °С/Вт

$$R_1 = 0{,}015/(0{,}14 \cdot 0{,}216) = 0{,}496;$$

$$R_2 = 0{,}006/(0{,}19 \cdot 0{,}216) = 0{,}146;$$

$$R_3 = 0{,}01 \;/\; (50 \cdot 0{,}081 + 0{,}2 \cdot 0{,}005 + 0{,}14 \cdot 0{,}130) = 0{,}002;$$

$$R_4 = 0{,}04/(0{,}19 \cdot 0{,}006 + 0{,}14 \cdot 0{,}065 + 50 \cdot 0{,}01 + 0{,}2 \cdot 0{,}005 + 0{,}14 \cdot 0{,}13) = 0{,}076,$$

$$R_5 = 0{,}005/(0{,}19 \cdot 0{,}006 + 0{,}14 \cdot 0{,}075 + 0{,}2 \cdot 0{,}135) = 0{,}130;$$

$$R_6 = 0{,}045/(0{,}19 \cdot 0{,}006 + 0{,}14 \cdot 0{,}21) = 1{,}475;$$

$$R_7 = 0{,}066/(0{,}19 \cdot 0{,}006 + 0{,}04 \cdot 0{,}15 + 0{,}07 \cdot 0{,}04 + 0{,}16 \cdot 0{,}02) = 5{,}038.$$

Рассчитываем $R_{\delta(x)}$, °С/Вт, по формуле (35)

$$R_{\delta(x)} = 0{,}496 + 0{,}146 + 0{,}002 + 0{,}076 + 0{,}130 + 1{,}475 + 5{,}038 = 7{,}4.$$

Рассчитываем R_x, °С/Вт, по формуле (31)

$$R_x = (9{,}4 + 7{,}4)/2 = 8{,}4.$$

Приведенный коэффициент теплопроводности в направлении оси x λ_x, Вт/(м·°С), по формуле (29) равен:

$$\lambda_x = \frac{0{,}187}{0{,}216} \times \frac{1}{8{,}4} = 0{,}103,$$

аналогично в направлении оси y получим

$$\lambda_y = 0{,}105.$$

По формуле (28) рассчитываем приведенное значение $\lambda_{ст}$, Вт/(м·°С)

$$\lambda_{ст} = \sqrt{0{,}103 \cdot 0{,}105} = 0{,}104.$$

Определяем отношение коэффициентов теплопроводности утеплителя $\lambda_{ут}$ и углового стыка $\lambda_{ст}$

$$\lambda_{ут}/\lambda_{ст} = 0{,}04/0{,}104 = 0{,}37.$$

Из графика (см. рис.5) находим $\theta = 3{,}5$.

Расчет $R_o^{усл}$, м².оС/Вт, производится по формулам (3) – (5) СНиП II-3-79**

$$R_o^{усл} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}16}{0{,}04} + \frac{0{,}006}{0{,}19} + \frac{0{,}015}{0{,}14} + \frac{1}{23} =$$

$$= 0{,}115 + 0{,}032 + 4{,}0 + 0{,}032 + 0{,}107 + 0{,}044 = 4{,}33.$$

Далее по формуле (27) определяем значение температуры поверхности стены $\tau_{в_o}$, °С вне зон теплопроводных включений.

$$\tau_{в_o} = 22 - \{[22 - (-50)] / (4{,}33 \cdot 8{,}7)\} = 20{,}1.$$

Температуру в угловом соединении стены и пола $\tau_в^{ст}$, °С, рассчитываем по формуле (26)

$$\tau_в^{ст} = 22 - 3{,}5\ (22 - 20{,}1) = 15{,}4.$$

Следовательно, температура в угловом соединении стены и пола будет отвечать требованиям невыпадения конденсата при относительной влажности воздуха помещения $\varphi \le 55$ %.

3.9. Требуемое сопротивление теплопередаче $R_{ок}^{тр}$ заполнений световых проемов (окон), следует принимать по табл. 3.

Таблица 3

Номенклатура зданий	Исполнение	Требуемое сопротивление теплопередаче заполнений оконных проемов, $R_{ок}^{тр}$, м².°С/Вт
1. Жилые дома, детские и лечебно-профилактические учреждения	"С"	0,53
	"О"	0,53
	"Ю"	0,39
2. Общественные здания, кроме указанных в п. 1	"С"	0,48
	"О"	0,48
	"Ю"	0,31
3 Производственные здания	"С"	0,34
	"О"	0,34
	"Ю"	0,31

3.10. Приведенное сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов (окон) следует принимать по прил. 6* СНиП II-3-79**

4. ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ЗДАНИЙ

4.1. Проверка теплоустойчивости помещений производится из условия обеспечения в нем нормативного уровня амплитуды колебания температуры внутреннего воздуха $A_{t_в}^н$ (п.2.3).

4.2. Амплитуду колебаний температуры внутреннего воздуха $A_{t_в}^з$, °С, для зимнего периода года следует определять по формуле

$$A_{t_в}^з = \frac{A_{t_н} + m\,(t_в - t_н)}{R_{o.ср}\,(\Sigma B_в F_в + \Sigma B_н F_н + 0{,}06 c_{об} G_{об})}\, F_н, \qquad (36)$$

где $A_{t_н}$ – амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха, °С, принимаемая независимо от исполнения инвентарных зданий равной 5°С;

m – коэффициент неравномерности отдачи тепла отопительными прибора-

ми, принимается равным: при наличии электроотопления (без системы автоматического регулирования) – 0,05; при центральном отоплении – 0,1; при печном – 0,5; $t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха помещения, °С, принимаемая по п.2.2; $t_н$ – расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С, принимаемая по п.2.1.; $R_{o.ср}$ – средневзвешенное значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, м²·°С/Вт, следует определять по формуле

$$R_{o.ср} = \Sigma R_o' F_н / (\Sigma F_н), \qquad (37)$$

где R_o', $F_н$ – соответственно значения сопротивлений теплопередаче, м²·°С/Вт, и площади внутренних поверхностей наружных ограждений, м²; $B_в$ – коэффициент теплопоглощения внутренних поверхностей внутренних ограждений (перегородок), Вт/(м²·°С), следует принимать равным коэффициенту теплоусвоения внутренней поверхности ограждения $У_в$, Вт/(м²·°С), значения которого рассчитываются следующим образом:

если первый слой ограждения, обращенный в помещение, имеет величину характеристики тепловой инерции

$$D_1 = R_1 S_1 \geq 1, \qquad (38)$$

то $У_в = S_1$, где S_1 – коэффициент теплоусвоения материала первого слоя, Вт/(м²·°С) [см. СНиП II-3-79*;(прил. 3)]; R_1 – термическое сопротивление первого слоя, м²·°С/Вт; рассчитывается по формуле (3) СНиП II-3-79**;

если первый слой имеет $D_1 < 1$, но $D_1 + D_2 \geq 1$ (D_2 – характеристика тепловой инерции второго слоя), то величину $У_в$ вычисляют по формуле

$$У_в = (R_1 S_1^2 + S_2)/(1 + R_1 S_2), \qquad (39)$$

где S_2 – коэффициент теплоусвоения материала второго слоя, Вт/(м²·°С);

если первые n слоев конструкции ($n \geq 2$) имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + \ldots + D_n < 1$, но тепловая инерция $n+1$ слоев $D_1 + D_2 + \ldots + D_{n+1} \geq 1$, то величину $У_в$ следует определять, начиная с n-го слоя конструкции:

для n-го слоя

$$У_n = (R_n S_n^2 + S_{n+1})/(1 + R_n S_{n+1}); \qquad (40)$$

для i-го слоя ($i = n-1;\ n-2;\ \ldots\ 1;\ У_1 = У_в$)

$$У_i = (R_i S_i^2 + У_{i+1})/(1 + R_i У_{i+1}), \qquad (41)$$

$F_в$ – площади поверхностей внутренних ограждений, м²; $B_н$ – коэффициент теплопоглощения внутренних поверхностей наружных ограждений, Вт/(м²·°С); для стен и потолка определяется по формуле

$$B_н = (\alpha_к У_в)/(\alpha_к + У_в), \qquad (42)$$

где $\alpha_к$ – коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м²·°С).

Коэффициент теплопоглощения поверхности пола $B_п$ следует принимать равным коэффициенту теплоусвоения пола $У_в$.

Коэффициент теплопоглощения окна $B_{ок}$, Вт/(м²·°С), следует определять по формуле

$$B_{ок} = 1/R_{ок}, \qquad (43)$$

где $R_{ок}$ – сопротивление теплопередаче окна м²·°С/Вт, (см. прил. 6 СНиП II-3-79**; $c_{об}$ – удельная теплоемкость материала мебели, кДж/(кг·°С) (см.

СНиП II-3-79**, прил. 3); $G_{об}$ – масса мебели, кг. При отсутствии проектных данных о мебели ее масса для жилой комнаты принимается равной 200 кг, а удельная теплоемкость – 2,3 кДж/(кг·°С).

4.3. Величина ожидаемой амплитуды колебаний температуры воздуха помещения в летний период эксплуатации определяется по формуле

$$A_{t_в}^{л} = \frac{(A_{t_н} + 0{,}5\rho A_{экв})F_н}{R_{о.ср}(\Sigma B_н F_н + \Sigma B_в F_в + 0{,}06 c_{об} G_{об})}, \qquad (44)$$

где $A_{t_н}$ – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, принимаемая для зданий всех исполнений равной 10°С; ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью ограждения (см. СНиП II-3-79**, прил 7); $A_{экв}$ – амплитуда эквивалентной температуры солнечного облучения, принимаемая для зданий всех исполнений равной 20°С.

4.4. Если величина ожидаемой амплитуды колебаний температуры внутреннего воздуха $A_{t_в}$ окажется выше нормативных значений (см. п.2.3.), то в этом случае следует: принять большее значение термического сопротивления наружных ограждений или увеличить теплоаккумулирующую способность помещения за счет увеличения толщины внутренних теплоемких слоев ограждения или применения более плотных материалов внутренней обшивки, или предусмотреть автоматическое регулирование температуры воздуха помещений.

Пример 4. Требуется проверить теплоустойчивость жилого помещения дома-общежития, описание которого приводится в примере 1. Для этого рассчитывается по формулам (36) и (44) амплитуда колебания внутреннего воздуха $A_{t_в}$, ожидаемая в зимний и летний периоды года.

Расчетные параметры для зимнего периода: $t_н = -50$°С; $t_в = 22$°С; $m = 0{,}05$ (электроотопление без системы автоматического регулирования температуры воздуха помещения).

Сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций $R_o^{тр}$, м²·°С/Вт, (см. пример 1): стен – 2,2, потолка – 2,7, пола – 6,0, окна – 0,52. Масса мебели принимается равной 200 кг, изготовлена мебель из ДВП (C=2,3 кДж/(кг·°С)).

Для расчета $A_{t_в}$ прежде всего определяется средневзвешенная величина из значений сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций $R_{о.ср}$ [см. формулу(37)].

$$R_{о\,ср} = \frac{2{,}2 \cdot 14{,}6 + 2{,}2 \cdot 5{,}6 + 2{,}7 \cdot 14{,}6 + 6 \cdot 14{,}6 + 0{,}52 \cdot 1{,}2}{14{,}6 + 5{,}6 + 14{,}6 + 14{,}6 + 1{,}2} = 3{,}4.$$

Затем, чтобы определить коэффициенты теплопоглощения $B_в$ и $B_н$ внутренних поверхностей внутренних и наружных ограждающих конструкций, необходимо для каждого слоя рассчитать термическое сопротивление $R_к$, м²·°С/Вт, [см. формулу (3) СНиП II-3-79**], тепловую инерцию D [см. формулу (38)] и коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения $Y_к$, Вт/(м²·°С), по формулам (39) – (41).

Стены внутренние:

ДВП твердая

$$R_1 = 0{,}006/0{,}19 = 0{,}032;$$

$$D_1 = 0{,}032 \cdot 5{,}49 = 0{,}18 < 1.$$

ДВП мягкая

$$R_2 = 0{,}01/0{,}07 = 0{,}143;$$

$$D_2 = 0{,}143 \cdot 1{,}67 = 0{,}24;$$

$$D_1 + D_2 = 0{,}18 + 0{,}24 = 0{,}42 < 1.$$

Пенополистирол

$$R_3 = 0{,}10/0{,}041 = 2{,}439;$$

$$D_3 = 2{,}44 \cdot 0{,}41 = 1;$$

$$D_1 + D_2 + D_3 = 0{,}18 + 0{,}24 + 1 = 1{,}42 > 1.$$

Следовательно, расчет y начинаем со 2-го слоя

$$y_2 = (0{,}143 \cdot 1{,}67^2 + 0{,}41) / (1 + 0{,}143 \cdot 0{,}41) = 0{,}765.$$

Тогда

$$y_1 = y_в = (0{,}032 \cdot 5{,}49^2 + 0{,}765) / (1 + 0{,}032 \cdot 0{,}765) = 1{,}688.$$

Поскольку для внутренних ограждений $B_в = Y_в$

$$\Sigma B_в F_в = 1{,}688 \ (14{,}6 + 6.8) = 36{,}12 \text{ Вт/}^\circ\text{С}.$$

Стены наружные: $Y_в = 1{,}688$ Вт/(м^2·°С), так как конструкция внутренних и наружных стен одинакова; $\alpha_к = 4{,}2$ Вт/(м^2·°С) – см. пример. 1;

$$B_н^{ст} = 4{,}2 \cdot 1{,}688 / (4{,}2 + 1{,}688) = 1{,}204 \text{ Вт/(м}^2\text{·°С)};$$

$$\Sigma B_н^{ст} F_н^{ст} = 1{,}204 \ (14{,}6 + 5{,}6) = 24{,}321 \text{ Вт/°С}.$$

Потолок: $\alpha_к = 5{,}2$ Вт/(м^2·°С) – см. пример. 1; $Y_в = 1{,}688$ Вт/(м^2·°С) (конструкция стен и потолка одна и та же).

$$B_н^{пот} = 5{,}2 \cdot 1{,}688 / (5{,}2 + 1{,}688) = 1{,}274 \text{ Вт/(м}^2\text{·°С)};$$

$$B_н^{пот} F_н^{пот} = 1{,}273 \cdot 14{,}6 = 18{,}59 \text{ Вт/°С}.$$

Окно:

$$B_{ок} = 1/0{,}52 = 1{,}923 \text{ Вт/(м}^2\text{·°С)};$$

$$B_{ок} F_{ок} = 1{,}923 \cdot 1{,}2 = 2{,}31 \text{ Вт/°С}.$$

Пол:

линолеум $R_1 = 0{,}004/0{,}23 = 0{,}017$ м^2·°С/Вт;

$$D_1 = 0{,}017 \cdot 5{,}87 = 0{,}10 < 1;$$

ДСП $R_2 = 0{,}02/0{,}13 = 0{,}154$ м^2·°С/Вт;

$$D_2 = 0{,}154 \cdot 3{,}93 = 0{,}6;$$

$$D_1 + D_2 = 0{,}1 + 0{,}6 = 0{,}7 < 1;$$

ДВП $R_3 = 0{,}01/0{,}07 = 0{,}143$ м^2°С/Вт;

$$D_3 = 0{,}143 \cdot 1.67 = 0{,}24;$$

$$D_1 + D_2 + D_3 = 0{,}1 + 0{,}6 + 0{,}24 = 0{,}95 < 1;$$

пенополистирол $R_4 = 0{,}1/0{,}041 = 2{,}439$ м^2·°С/Вт;

$$D_4 = 2{,}439 \cdot 0{,}41 = 1;$$

$$D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 0{,}1 + 0{,}6 + 0{,}24 + 1 = 1{,}95 > 1.$$

Следовательно, расчет Y, Вт/(м^2·°С), начинаем с 3-го слоя

$$y_3 = (0{,}143 \cdot 1{,}67^2 + 0{,}41) / (1 + 0{,}143 \cdot 0{,}41) = 0{,}764;$$

$$y_2 = (0{,}154 \cdot 3{,}93^2 + 0{,}764) / (1 + 0{,}15 \cdot 0{,}764) = 2{,}811;$$

$$y_1 = y_в = (0{,}017 \cdot 5{,}87^2 + 2{,}811) / (1 + 0{,}017 \cdot 2{,}811) = 3{,}244;$$

$$B_н^п = y_в = 3{,}24;$$

$$B_н^п \cdot F^п = 3{,}24 \cdot 14{,}6 = 47{,}304 \text{ Вт/°С};$$

$$A^э_{t_в} = \frac{5 + 0{,}05\,[22 - (-50)]}{3{,}4\,(36{,}12 + 24{,}32 + 18{,}60 + 2{,}31 + 47{,}30 + 27{,}6)}\,50{,}6 =$$

$$= \frac{8{,}6}{3{,}4 \cdot 156{,}25}\,50{,}6 \approx 0{,}8^\circ\text{С}.$$

Для летних условий $A^л_{t_в}$ определяется по формуле (44) $\rho = 0{,}6$ (см. СНиП II-3-79**, прил. 7).

$R_{о.ср}$, $F_н$, $\Sigma B_в F_в$, $\Sigma B_н F_н$, $C_{об}$, $G_{об}$ – те же, что и в расчете для зимних условий;

$$A^л_{t_в} = (10 + 0{,}5 \cdot 20\ 0{,}6)\ 50{,}6/(3{,}4 \cdot 156{,}25) = 1{,}5^\circ\text{С}$$

Таким образом, расчет показал, что для зимних условий $A^э_{t_в} = \pm 0{,}8^\circ$С, а для летних условий $A^л_{t_в} = \pm 1{,}5^\circ$С.

Следовательно, принятая конструкция здания удовлетворяет требованиям теплоустойчивости, так как ожидаемая при расчетных условиях амплитуда колебаний температуры воздуха помещения в зимний и летний периоды не превышает нормативного уровня (см. п. 2.3.).

5. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ПОЛА

5.1. Показатель теплоусвоения $У_п$, Вт/(м^2·°С) поверхности пола в мобильных (инвентарных) зданиях не должен превышать следующих значений:

для жилых домов, детских и лечебно-профилактических учреждений 10

для общественных зданий прочего функционального назначения . . . 12

для отапливаемых помещений производственных зданий с постоянным пребыванием людей на рабочих местах 14

5.2. Показатель теплоусвоения поверхности пола, $У_п$, Вт/(м^2·°С), следует определять следующим образом:

а) если покрытие (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию $D_1 = R_1 S_1 \geq 0{,}5$.

$$У_п = 2S_1; \qquad (45)$$

б) если покрытие пола имеет тепловую инерцию $D_1 = R_1 S_1 < 0{,}5$, но тепловая инерция первых двух слоев $D_1 + D_2 = R_1 S_1 + R_2 S_2 \geq 0{,}5$

$$У_п = (2R_1 S_1^2 + S_2)/(0{,}5 + R_1 S_2); \qquad (46)$$

в) если первые n слоев конструкции пола ($n \geq 2$) имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + \ldots + D_n < 0{,}5$, но тепловая инерция $n+1$ слоев, $D_1 + D_2 + \ldots + D_{n+1} \geq 0{,}5$, то:

1) вычисляем показатель теплоусвоения наружной поверхности n-го слоя по формуле

$$У_n = (2R_n S_n^2 + S_{n+1})/(0{,}5 + R_n S_{n+1}); \qquad (47)$$

2) вычисляем коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности i-тых слоев по формуле

$$У_i = (4R_i S_i^2 + У_{i+1})/(1 + R_i У_{i+1}) \qquad (48)$$

для $i = n-1,\ n-2, \ldots, 2, 1$;

3) принимаем $y_п$ равным показателю теплоусвоения наружной поверхности 1-го слоя $y_п = y_1$.

В формулах (45) – (48):

R_1, R_n, R_i – термические сопротивления соответственно 1-го, n-го и i-го слоев пола, м^2·°С/Вт, определяемые по формуле (3) СНиП II-3-79*;

S_1, S_2, S_n, S_{n+1}, S_i – коэффициенты теплоусвоения материала соответственно 1-го, 2-го, n-го, $(n+1)$-го, i-го слоев пола, Вт/(м^2·°С), принимаемые по прил 3 СНиП II-3-79**; Y_{i+1} – показатель теплоусвоения наружной поверхности $(i+1)$-го слоя пола, Вт/(м^2·°С).

Пример 5. Определить показатель теплоусвоения пола $y_п$, конструкция и теплотехническая характеристика материалов которого приведены в примере 1.

Линолеум

$R_1 = 0{,}004/0{,}23 = 0{,}017$ м^2·°С/Вт формула (3) СНиП II-3-79х;

$D_1 = 0{,}017 \cdot 5{,}87 = 0{,}1$ [формула (38)]; $D_1 < 0{,}5$.

ДСП

$R_2 = 0{,}02/0{,}13 = 0{,}154$ м^2·°С/Вт;

$$D_2 = 0{,}154 \cdot 3{,}93 = 0{,}605; \quad D_2 > 0{,}5.$$

Тогда по формуле (46)

$$y_п = (2 \cdot 0{,}017 \cdot 5{,}87^2 + 3{,}93) / (0{,}5 + 0{,}017 \cdot 3{,}93) = 9 \text{ Вт/(м}^2\text{·°С)}.$$

Следовательно, конструкция пола удовлетворяет предъявленным к ней требованиям, так как $y_п = 9$ Вт/(м^2·°С) $< y_п^н = 10$ Вт/(м^2·°С) п.5.1.

5.3. Для обеспечения оптимальной температуры поверхности пола в помещениях жилых домов, детских и лечебно-профилактических учреждениях необходимо предусматривать искусственный обогрев полов.

5.4. Расчетную температуру поверхности обогреваемого пола следует принимать 21°С.

5.5. Для обогрева полов могут быть использованы горячая вода, теплый воздух или электроэнергия. Выбор теплоносителя в каждом отдельном случае должен производиться на основе технико-экономических обоснований и расчетов.

При проектировании теплых полов необходимо исходить из того, что главной целью обогрева полов является поддержание оптимальной для человека температуры на их поверхности, а не компенсация общих теплопотерь помещением. При этом сопротивление теплопередаче конструкции обогреваемого пола во избежание больших теплопотерь через его конструкцию, а также на случай аварийного отключения системы обогрева пола должно быть не менее: для исполнения "С" – 4,5 м^2·°С/Вт; "О" – 3,5 м^2·°С/Вт; "Ю" – 3,0 м^2·°С/Вт.

6. ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ЗДАНИЙ

6.1. Нормативную воздухопроницаемость $G^н$, кг/(м^2·ч), ограждающих конструкций зданий и сооружений следует принимать по табл. 12, СНиП II-3-79** При этом суммарный расход воздуха через все ограждающие конструкции G не должен превышать утроенного внутреннего объема здания $V_{зд}$, т.е. должно выполняться требование $G \leq 3V_{зд}$.

6.2. Суммарный расход воздуха через все ограждающие конструкции G, м^3/ч, при расчетной разности давлений воздуха на наружных и внутренних поверхностях ограждающих конструкций (СНиП II-3-79**, п.5.2.) определяется по формуле

$$G = 0{,}5 \left[\left(\sum_i G_i^н F_i + \sum G_{ст}^н l_{ст} \right) 9{,}81 \right] / \gamma, \qquad (49)$$

где $G_i^н$ и F_i – соответственно нормативная воздухопроницаемость, кг/(м^2·ч) и площадь, м^2, наружных ограждений, окон и дверей; $G_{ст}^н$ и $l_{ст}$ – соответст-

венно нормативная воздухопроницаемость, кг/(м·ч), и длина, м, стыков между панелями наружных ограждений; γ – удельный вес воздуха, Н/м^3, определяемый по формуле (31) СНиП II-3-79** при температуре воздуха, равной среднему значению между расчетными $t_в$ и $t_н$.

6.3. В том случае, если $G > 3V_{зд}$, то следует предусмотреть дополнительные мероприятия по уменьшению общей воздухопроницаемости (уменьшение общей длины рядовых стыковых соединений между панелями ограждений, введение большего количества глухих стен, применение материалов обшивок с большим сопротивлением воздухопроницанию и т.п.).

Пример 6. Определить, удовлетворяет ли проектируемый блок-контейнер требованиям, предъявляемым к воздухопроницаемости зданий данного типа.

Исполнение – северное: $t_н = -50^oC$; $t_в = 22^oC$. Внутренние габариты здания: 5,6х2,6х2,4 м. Здание имеет одно окно ($F_{ок} = 1,3$ м^2) и одну входную дверь ($F_{дв} = 1,5$ м^2). Стыковые соединения имеются только в местах соединения стеновых панелей.

1. Определим допустимое значение воздухопроницаемости рассматриваемого здания (п 6.1.)

$$V_{зд} = 5,6 \cdot 2,6 \cdot 2,4 = 34,9 \text{ м}^3,$$

$$G_{доп} = 3 \cdot 34,9 = 104,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Далее по формуле (49) определим суммарный расход воздуха через ограждающие конструкции и их элементы G, м^3/ч.

Внутренняя площадь наружных ограждений $F_{огр}$, м^2, за вычетом окна и двери:

$$F_{огр} = (2,6 \cdot 5,6 \cdot 2) + (5,6 \cdot 2,4 \cdot 2) + (2,6 \cdot 2,4 \cdot 2) - 1,3 - 1,5 = 65,7.$$

Длина стыков l, м:
горизонтальных $l_{ст.г} = 5,6 \cdot 4 + 2,6 \cdot 4 = 32,8$;
вертикальных $l_{ст\ в} = 2,4 \cdot 4 = 9,6$;
общая длина $l_{ст.общ} = 32,8 + 9,6 = 42,4$.

Нормативная воздухопроницаемость $G^н$ (СНиП II-3-79**, п.5.3):
для ограждений $G^н_{огр} = 0,5$ кг/(м^2·^{o}С);
для окна $G^н_{ок} = 10,0$ ";
для двери $G^н_{дв} = 1,5$ ";
для стыков $G^н_{ст} = 0,5$ кг/(м·ч)

$$\gamma = 9,81 \cdot 353/[273 + 0,5\,(22-50)] = 13,34 \text{ Н/м}^3$$

$$G = 0,5\ (0,5 \cdot 65,7 + 0,5 \cdot 42,4 + 10 \cdot 1,3 + 1,5 \cdot 1,5)\ 9,81/13,34 = 25,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3. Здание удовлетворяет требованиям, предъявляемым к его воздухопроницаемости, так как

$$G = 25,5 < 3V_{зд} = 104,7.$$

7. СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРОПРОНИЦАНИЮ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

7.1. Влажностный режим конструкции существенным образом влияет на ее теплозащитные качества и зависит от температуры и влажности внутреннего воздуха, паропроницаемости используемых в конструкции материалов, конструктивного решения ограждений и расположения в нем пароизоляционных и теплоизоляционных слоев.

7.2. Сопротивление паропроницанию внутреннего защитного слоя конструкции из условий недопустимости систематического накопления влаги в ограждении в течение годового периода эксплуатации здания и ограничения

накопления влаги в ограждении за период с отрицательными температурами наружного воздуха должно быть не менее 4 м^2·ч·Па/мг.

7.3. Необходимую парозащиту, ограничивающую поступление пара из помещения внутрь ограждения, создает внутренний защитный слой конструкции (внутренняя обшивка, пароизоляция), сопротивление паропроницанию которого рассчитывается как сумма сопротивлений паропроницанию составляющих его слоев

$$R_п = R_{п_1} + R_{п_2} + \quad + R_{п_n}. \qquad (50)$$

Сопротивление паропроницанию $R_п$, м^2·ч·Па/мг, отдельных слоев вычисляется по формуле

$$R_п = \delta / \mu, \qquad (51)$$

где δ – толщина слоя материала, м; μ – коэффициент паропроницаемости материала, мг/(м·ч·Па), принимаемый по прил. 3 СНиП II-3-79**.

7.4. Указанное сопротивление паропроницанию внутреннего слоя конструкции может быть получено покрытием внутренней обшивки ограждения (со стороны примыкания к утеплителю) различными лаками или установкой слоя пароизоляции из полиэтиленовой пленки на границе внутренней обшивки и утеплителя.

7.5. Перечень основных материалов, используемых в инвентарном домостроении в качестве обшивочных и пароизоляционных материалов приведен в табл.4.

7.6. Для обеспечения качественной пароизоляции ограждения необходимо предусматривать тщательную герметизацию швов внутренней обшивки и непрерывность пароизоляционного слоя.

Пример 7. В рассматриваемой ранее конструкции стеновой панели (см пример 1) в качестве внутренней обшивки применена древесно-волокнистая плита толщиной 6 мм (μ = 0,12 мг/(м·ч·Па). Требуется оценить влажностный режим конструкции.

Сопротивление паропроницанию внутренней обшивки по формуле (51) составляет

$$R_п = 0{,}006/0{,}12 = 0{,}05 \text{ м}^2\text{.ч Па/мг},$$

что значительно меньше $R_п^{тр}$ = 4 м^2·ч·Па/мг. Следовательно, в ограждающей конструкции будет происходить систематическое ежегодное накопление влаги, что приведет к намоканию мягкой ДВП и значительному сосредоточению влаги в период влагонакопления на границе пенополистирола и наружной обшивки. В данной конструкции необходима пароизоляция из полиэтиленовой пленки (сопротивление паропроницанию 7,3 м^2·ч·Па/мг), которая должна быть установлена на границе внутренней обшивки и мягкой ДВП.

Таблица 4

Материал	Толщина слоя, мм	$R_п$, м^2·ч·Па/мг
Картон обыкновенный	1,3	0,016
Листы асбестоцементные	6	0,3
Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
Плиты древесно-волокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598–74, ГОСТ 10632–77) γ = 600–1000 кг/м^3	10	0,079–0,084
Плиты древесно-волокнистые твердые	10	0,11
Фанера клееная трехслойная (ГОСТ 3916–69)	3	0,23

Продолжение табл. 4

Материал	Толщина слоя, мм	$R_п$, $м^2 \cdot ч \cdot Па/мг$
Алюминий (ГОСТ 22233–76)	—	—
Полиэтиленовая пленка	0,16	7,3
Рубероид одинарный	1,5	1,1
Покрытие поливинилхлоридным лаком за два раза	–	3,87
Покрытие хлоркаучуковым лаком за два раза	–	3,47
Толь кровельный	1,9	0,4
Окраска масляная за 2 раза со шпаклевкой и грунтовкой	–	0,64
Окраска эмалевой краской	–	0,48

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	3
2. Расчетные теплотехнические параметры	4
3. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций	4
4. Теплоустойчивость зданий	19
5. Теплотехнические требования к конструкции пола	23
6. Воздухопроницаемость зданий	24
7. Сопротивление паропроницанию ограждающих конструкций	25

Нормативно-производственное издание

ЛенЗНИИЭП Госгражданстроя

ПОСОБИЕ

по теплотехническому расчету инвентарных зданий (передвижных, контейнерных и сборно-разборных) (к СНиП II-3-79)**

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Л.Г. Бальян*
Редактор *Н.В. Лосева*
Мл. редактор *Л.И. Месяцева*
Технический редактор *Е Н. Поплавская*
Корректор *С.А. Зудилина*
Н/К

Подписано в печать 13 10 86 Т – 11782 Формат 84×108/32
Бумага кн-журн Печать высокая Усл.печ.л. 1,68 Усл кр -отт. 1,89
Уч.-изд. л. 1,6 Гираж 10000 экз. Изд. № ХП–1166 Заказ № 2143
Цена 10 коп.

Стройиздат 101442 Москва, Каляевская 23а

Московская типография №4 Союзполиграфпрома при Государственном по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

129041, Москва, Б Переяславская ул , 46.

gost.e-ecolog.ru