

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

**Магнитова Н.Т., Дегтярь С.Л.,
каф. «Теплогазоснабжение и вентиляция» ЮУрГУ**

1. ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1. Условия эксплуатации ограждающих конструкций и расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха

Приведенные в данном учебном пособии нормы строительной теплотехники должны соблюдаться при проектировании ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения.

Влажностный режим помещений в зимний период следует устанавливать в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха по таблице А.1. Все таблицы первого раздела приведены в приложении А.

Зоны влажности территории РФ следует принимать по приложению В [1] или по приложению А.5.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства следует установить по таблице А.3.

Исходные данные для расчета по температурам внутреннего и наружного воздуха следует устанавливать по таблицам А.2, А.4.

1.2. Порядок выбора расчетных данных

1. Дать характеристику здания, для которого выбираются и рассчитываются ограждающие конструкции. Например, здание – жилое, число этажей – 16, высота этажа – 3 м и т.д.
2. Установить район (город) постройки здания и зону влажности.
3. Дать климатическую характеристику района постройки по таблице А.4.
4. По таблице А.2 установить оптимальную температуру и относительную влажность в обслуживаемой зоне помещения для холодного и теплого периодов года.
5. Установить влажностный режим помещения согласно таблице А.1.
6. По таблице А.3 установить условия эксплуатации ограждающих конструкций.

2. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

2.1. Основные теоретические сведения

Нормами установлены три показателя тепловой защиты здания:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический показатель, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учетом объемно-планировочных решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования тепловой защиты здания будут выполнены, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» либо «б» и «в». В зданиях производственного назначения необходимо соблюдать требования показателей «а» и «б».

2.2. Сопротивление теплопередаче элементов ограждающих конструкций

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций, а также окон и фонарей (с вертикальным остеклением и с углом наклона более 45°) следует принимать не менее нормируемых значений R_{req} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемых по таблице Б.1 в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства.

Градусо-сутки отопительного периода D_d , $\text{°C} \cdot \text{сут}$, следует определять по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht}, \quad (2.1)$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °C , принимаемая согласно ГОСТ 30494 и нормам проектирования соответствующих видов зданий и сооружений или по таблице А.2; t_{ht} , Z_{ht} – средняя температура наружного воздуха, °C , и продолжительность, сут, периода со средней суточной температурой воздуха ниже или равной 8 °C , по таблице А.4.

Для производственных зданий с избытками явной теплоты более 23 Вт/м^3 и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью или весной), а также зданий с расчетной температурой внутреннего воздуха $12 \text{ }^\circ\text{C}$ и ниже приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) R_{req} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, следует принимать не менее значений, определяемых по формуле

$$R_{req} = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{Dt_n \cdot a_{int}}, \quad (2.2)$$

где n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый по приложению Б.2; Dt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности t_{int} ограждающей конструкции, $^\circ\text{C}$, принимаемый по таблице Б.3; a_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по таблице Б.4; t_{ext} – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью $0,92$, принимается по таблице А.4.

Примечание: для определения нормируемого сопротивления теплопередаче внутренних ограждающих конструкций R_{req} при разности расчетных температур воздуха между помещениями 6°C и выше в формуле (2.2) следует принимать $n = 1$ и вместо t_{ext} – расчетную температуру воздуха более холодного помещения.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, входных дверей и дверей (без тамбура) квартир первых этажей и ворот, а также дверей квартир с неотапливаемыми лестничными клетками должно быть не менее произведения $0,6 R_{req}$ (произведения $0,8 R_{req}$ – для входных дверей в многоквартирные дома), где R_{req} – приведенное сопротивление теплопередаче стен, определяемое по формуле (2.2).

Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, однородного слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однослойной ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R = \frac{d}{l}, \quad (2.3)$$

где d – толщина слоя, м; l – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по таблице Д.1 приложения Д [2] в зависимости от условий эксплуатации.

Сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, однородной однослойной или многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями следует определять по формуле

$$R_0 = \frac{1}{a_{int}} + R_{\varepsilon} + \frac{1}{a_{ext}}, \quad (2.4)$$

где R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемое следующим образом: для однородной однослойной – по формуле (2.3), для многослойной – по формуле (2.5); a_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по таблице Б.5.

Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, с последовательно расположенными однородными слоями следует определять как сумму термических сопротивлений отдельных слоев:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{a.l}, \quad (2.5)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемые по формуле (2.3); $R_{a.l}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, принимаемое по таблице Б.6.

Примечание: при наличии в ограждающей конструкции прослойки, вентилируемой наружным воздухом, слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой и наружной поверхностью ограждающей конструкции, в теплотехническом расчете не учитываются. На поверхности конструкции, обращенной в сторону вентилируемой наружным воздухом прослойки, следует принимать коэффициент теплоотдачи a_{ext} равным $10,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Для плоских ограждающих конструкций с теплопроводными включениями толщиной более 50 % толщины ограждения, теплопроводность которых не превышает теплопроводности основного материала более чем в 40 раз, приведенное термическое сопротивление R_k^r , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяется следующим образом:

а) плоскостями, параллельными направлению теплового потока, ограждающая конструкция (или часть ее) разрезается на характерные в теплотехническом отношении участки (они могут состоять из одного или нескольких последовательно расположенных слоев), и определяется термическое сопротивление ограждающей конструкции при такой разбивке R_{aT} , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

$$R_{aT} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}, \quad (2.6)$$

где A_1, A_2, \dots, A_n – площади отдельных участков по поверхности ограждения, м^2 ; R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления этих участков конструкции, определяемые по формуле (2.3) для однослойных участков и по формуле (2.5) для многослойных участков;

б) плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, ограждающая конструкция (или часть ее, принятая при определении R_{aT}) условно разрезается на слои, из которых одни слои могут быть однородными – из одного материала, а другие неоднородными – из однослойных участков разных материалов. Термическое сопротивление однородных слоев определяется по формуле (2.3), а неоднородных слоев – по формуле (2.6). Термическое сопротивление ограждающей конструкции при такой разбивке R_T вычисляется как сумма термических сопротивлений отдельных однородных и неоднородных слоев, т.е. по формуле (2.5).

Приведенное термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k^r , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле

$$R_k^r = \frac{R_{aT} + 2R_T}{3}. \quad (2.7)$$

Если величина R_{aT} превышает величину R_T более чем на 25 % или ограждающая конструкция не является плоской (имеет выступы на поверхности), то приведенное термическое сопротивление R_k^r такой конструкции следует определять на основании расчета температурного поля.

Определение сопротивления теплопередаче неоднородных наружных ограждающих конструкций на основе расчета температурного поля

По результатам расчета температурного поля при t_{int} и t_{ext} определяются средние температуры, °C , внутренней t_{si}^{av} и наружной t_{se}^{av} поверхностей ограждающей конструкции и вычисляется величина теплового потока q^{cal} , $\text{Вт}/\text{м}^2$, по формуле

$$q^{cal} = a_{int} \cdot (t_{int} - t_{si}^{av}) = a_{ext} \cdot (t_{se}^{av} - t_{ext}), \quad (2.8)$$

Приведенное термическое сопротивление конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяется по формуле

$$R_k^r = \frac{(t_{si}^{av} - t_{se}^{av})}{q^{cal}}. \quad (2.9)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r , м²·°С/Вт, неоднородной ограждающей конструкции следует определять по формуле

$$R_0^r = \frac{(t_{int} - t_{ext})}{q^{cal}}. \quad (2.10)$$

Допускается приведенное сопротивление теплопередаче R_0^r , м²·°С/Вт, наружных панельных стен жилых зданий принимать равным

$$R_0^r = R_0^{con} \cdot r, \quad (2.11)$$

где R_0^{con} – сопротивление теплопередаче панельных стен, определяемое по формулам (2.4) и (2.5) без учета теплопроводных включений, r – коэффициент тепло-технической однородности, принимаемый по таблице Б.7.

Температуру внутренней поверхности t_{si} , °С, ограждающей конструкции на участках без теплопроводных включений следует определять по формуле

$$t_{si} = t_{int} - \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot a_{int}}. \quad (2.12)$$

Температуру внутренней поверхности t'_{si} , °С, ограждающей конструкции в области теплопроводных включений необходимо принимать на основании расчета температурного поля.

Для неметаллических теплопроводных включений, приведенных на рисунке 2.1, температуру t'_{si} допускается определять следующим образом:

$$t'_{si} = t_{int} - \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0^{con} \cdot a_{int}} \left[1 + h \left(\frac{R_0^{con}}{R'_0} - 1 \right) \right], \quad (2.13)$$

где R'_0 и R_0^{con} – сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции соответственно в местах теплопроводных включений и вне этих мест, определяемые по формуле (2.4); h – коэффициент, принимаемый по таблице Б.8.

2.3. Ограничение температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции

Расчетный температурный перепад Dt_0 , °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых величин Dt_n , °С, определяемых по таблице Б.3, и определяется по формуле

$$Dt_0 = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot a_{int}}. \quad (2.14)$$

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции (за исключением вертикальных светопрозрачных конструкций) в зоне теплопроводных включений (диафрагмы, сквозного шва из раствора, стыка панелей, жестких связей стен облегченной кладки и др.), в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха для расчетной зимней температуры наружного воздуха. Значения температур точки росы для разных температур и влажностей внутреннего воздуха представлены в таблице Б.13.

Примечание: относительную влажность внутреннего воздуха для определения температуры точки росы в местах теплопроводных включений ограждающих конструкций, в углах и оконных откосах, а также зенитных фонарей следует принимать: для помещений жилых зданий, больничных учреждений, детских школ, детских садов, яслей – 55 %, для общественных зданий – 50 %.

2.4. Расчет ограждающих конструкций «теплых» чердаков

Требуемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия теплого чердака $R_0^{g.f}$, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяется по формуле

$$R_0^{g.f} = n \cdot R_{req}, \quad (2.15)$$

где R_{req} – нормируемое сопротивление теплопередаче покрытия здания, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяемое по таблице Б.1; n – коэффициент, определяемый по формуле

$$n = \frac{t_{int} - t_{int}^g}{t_{int} - t_{ext}}, \quad (2.16)$$

где t_{int}^g – расчетная температура воздуха в чердаке, $^\circ C$, устанавливаемая по расчету теплового баланса для 6 – 8 - этажных зданий $14^\circ C$, для 9 – 12 - этажных зданий $15-16^\circ C$, для 14 – 17 - этажных зданий $17-18^\circ C$. Для зданий ниже 6 этажей, чердак, как правило, выполняют холодным, а вытяжные каналы из каждой квартиры выводят на кровлю.

При этом для перекрытия должно выполняться условие

$$Dt_0 \leq Dt_n, \quad (2.17)$$

где Dt_n – нормируемый температурный перепад, °С, принимаемый по таблице Б.3;
 Dt_0 – расчетный температурный перепад, °С, определяемый по формуле

$$Dt_0 = \frac{t_{int}^g - t_{int}^g}{R_0^{g.f} a_{int}}, \quad (2.18)$$

где a_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С), принимаемый по таблице Б.4.

Если условие (2.17) не выполняется, то следует увеличить сопротивление теплопередаче перекрытия $R_0^{g.f}$ до значения, обеспечивающего это условие.

Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия чердака $R_0^{g.c}$, м²·°С/Вт, определяется по формуле

$$R_0^{g.c} = \frac{t_{int}^g - t_{int}^g}{0,28G_{ven}c(t_{ven} - t_{int}^g) + \frac{(t_{int}^g - t_{int}^g)}{R_0^{g.f}} + \frac{\sum_{i=1}^n (q_{pi} \cdot l_{pi})}{A_{g.f}} - \frac{(t_{int}^g - t_{ext})a_{g.w}}{R_0^{g.w}}}, \quad (2.19)$$

где G_{ven} – приведенный (отнесенный к 1 м² пола чердака) расход воздуха в системе вентиляции, кг/(м² · ч), определяемый по таблице Б.9; c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг · °С); t_{ven} – температура воздуха, выходящего из вентиляционных каналов, °С, принимаемая равной $t_{int}^g + 1,5$; q_{pi} – линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода i -го диаметра с учетом теплопотерь через изолированные опоры, фланцевые соединения и арматуру, Вт/м; принимается для чердаков и подвалов по таблице Б.10; l_{pi} – длина трубопровода i -го диаметра, м, принимается по проекту; $a_{g.w}$ – приведенная (отнесенная к 1 м² пола чердака) площадь наружных стен теплого чердака, м²/м², определяется по формуле

$$a_{g.w} = \frac{A_{g.w}}{A_{g.f}}, \quad (2.20)$$

где $A_{g.w}$ – площадь наружных стен чердака, м²; $A_{g.f}$ – площадь перекрытия теплого чердака, м²; $R_0^{g.w}$ – нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака, м²·°С/Вт, определяется по таблице Б.1 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства при расчетной температуре воздуха в чердаке t_{int}^g .

Примечание: после расчета требуемых сопротивлений теплопередаче выполняется проверка наружных ограждающих конструкций на выпадение конденсата на их внутренних поверхностях. Температуру внутренней поверхности стен $t_{int}^{g.w}$, °С, перекрытий $t_{int}^{g.f}$, °С, и покрытий $t_{int}^{g.c}$ чердака следует определять по формуле

$$t_{si} = t_{int}^g - \frac{t_{int}^g - t_{ext}}{R_0 a_{int}^g}, \quad (2.21)$$

где a_{int}^g – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения теплого чердака, Вт/(м²·°С), принимаемый: для стен – 8,7; для покрытий 7 – 9 - этажных домов – 9,9; 10 – 12 - этажных – 10,5; 13 – 16 - этажных – 12 Вт/(м²·°С); R_0 – нормируемое сопротивление теплопередаче наружных стен $R_0^{g.w}$, перекрытий $R_0^{g.f}$ и покрытий $R_0^{g.c}$ теплого чердака, м²·°С/Вт.

Температура точки росы t_d , °С, рассчитывается следующим образом:

1. Определяется влагосодержание воздуха чердака f_g , г/м³, по формуле

$$f_g = f_{ext} + Df, \quad (2.22)$$

где f_{ext} – влагосодержание наружного воздуха, г/м³, при расчетной температуре t_{ext} , определяется по формуле

$$f_{ext} = \frac{0,794 e_{ext}}{1 + \frac{t_{ext}}{273}}, \quad (2.23)$$

Df – приращение влагосодержания за счет поступления влаги с воздухом из вентиляционных каналов, г/м³, принимается: для домов с газовыми плитами – 4,0 г/м³, для домов с электроплитами – 3,6 г/м³; e_{ext} – среднее за январь парциальное давление водяного пара, гПа, принимаемое по таблице 5* [3].

2. Рассчитывается парциальное давление водяного пара воздуха в теплом чердаке e_g , гПа, по формуле

$$e_g = f_g \frac{(1 + \frac{t_{int}^g}{273})}{0,794}. \quad (2.24)$$

3. По таблицам парциального давления насыщенного водяного пара (см. табл. Б.12) определяется температура точки росы t_d по значению $E = e_g$.

4. Полученное значение t_d сопоставляется с соответствующим значением t_{si} (стен $t_{si}^{g.w}$, перекрытий $t_{si}^{g.f}$, покрытий $t_{si}^{g.c}$) на удовлетворение условия $t_d < t_{si}$.

2.5. Расчет ограждающих конструкций «теплых» подвалов

Под «теплыми» подвалами понимают подвалы при наличии в них нижней разводки труб системы отопления, горячего водоснабжения, а также труб системы водоснабжения и канализации.

Расчет ограждающих конструкций таких подвалов надлежит выполнять в следующей последовательности:

1. Нормируемое сопротивление теплопередаче $R_0^{b.w}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, определяется по таблице Б.1. При этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимают расчетную температуру воздуха в подвале t_{int}^b , °C , равную не менее плюс 2 °C при расчетных условиях.

2. Определяют приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{r.s}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций заглубленной части подвала, расположенных ниже уровня земли.

Для неутепленных полов на грунте в случае, когда материалы пола и стены имеют расчетные коэффициенты теплопроводности $I \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{r.s}$ определяют по таблице Б.14 в зависимости от суммарной длины l , м, включающей ширину подвала и две высоты части наружных стен, заглубленных в грунт.

Для неутепленных полов на грунте в случае, когда материалы пола и стены имеют расчетные коэффициенты теплопроводности $I < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{r.s}$ определяют по нормативной документации.

3. Требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над «теплым» подвалом $R_0^{b.c}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяется по формуле

$$R_0^{b.c} = n \cdot R_{req}, \quad (2.25)$$

где R_{req} – нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытий над подвалами, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемое по таблице Б.1 в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства; n – коэффициент, определяемый по формуле

$$n = \frac{t_{int} - t_{int}^b}{t_{int} - t_{ext}}, \quad (2.26)$$

4. Температура воздуха в подвале определяется по формуле

$$t_{int}^b = \frac{\frac{t_{int} \cdot A_b}{R_0^{b.c}} + \sum_{i=1}^n (q_{pi} \cdot l_{pi}) + 0,28V_b \cdot n_a \cdot c \cdot r \cdot t_{ext} + \frac{t_{ext} \cdot A_s}{R_0^{r.s}} + \frac{t_{ext} \cdot A_{b.w}}{R_0^{b.w}}}{\frac{A_b}{R_0^{b.c}} + 0,28V_b \cdot n_a \cdot c \cdot r + \frac{A_s}{R_0^{r.s}} + \frac{A_{b.w}}{R_0^{b.w}}}, \quad (2.27)$$

где t_{int} – расчетная температура воздуха в помещении над подвалом, °С; q_{pi} – линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на 1 м длины трубопровода i -го диаметра с учетом теплопотерь через изолированные опоры, фланцевые соединения и арматуру, Вт/м, принимается для чердаков и подвалов по таблице Б.10; l_{pi} – длина трубопровода i -го диаметра, м, принимается по проекту; V_b – объем воздуха, заполняющего пространство подвала, м³; n_a – кратность воздухообмена в подвале, ч⁻¹, при прокладке в подвале газовых труб $n_a = 1$ ч⁻¹, в остальных случаях $n_a = 0,5$ ч⁻¹; r – плотность воздуха в подвале, кг/м³, принимаемая равной $r = 1,2$ кг/м³; A_s – площадь пола и стен подвала, контактирующих с грунтом, м²; $A_{b.w}$ – площадь наружных стен подвала над уровнем земли, м²; A_b – площадь подвала, м².

5. Если t_{int}^b отличается от первоначально заданной температуры, расчет повторяется заново до получения равенства величин в предыдущем и последующем шагах.

2.6. Светопрозрачные ограждающие конструкции

Светопрозрачные ограждающие конструкции следует подбирать по следующей методике.

Нормируемое сопротивление теплопередаче R_{req} светопрозрачных конструкций следует определять по таблице Б.1. При этом сначала вычисляют для соответствующего климатического района количество градусо-суток отопительного периода D_d по формуле (2.1).

Выбор светопрозрачной конструкции осуществляется по значению приведенного сопротивления теплопередаче R_0^r , полученному в результате сертификационных испытаний. Если приведенное сопротивление теплопередаче выбранной светопрозрачной конструкции R_0^r больше или равно R_{req} , то эта конструкция удовлетворяет требованиям норм.

При отсутствии сертифицированных данных допускается использовать при проектировании значения R_0^r , приведенные в таблице Б.15. Значения R_0^r в этой таблице даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема β равно 0,75. При использовании светопрозрачных конструкций с другими значениями β следует корректировать значение R_0^r сле-

дующим образом: для конструкций с деревянными и пластмассовыми переплетами при каждом увеличении β на величину 0,1 следует уменьшать значение R_0^r на 5 % и наоборот – при каждом уменьшении β на величину 0,1 следует увеличить значение R_0^r на 5 %.

В жилых зданиях суммарная площадь окон не должна превышать 18 % (для общественных – не более 25 %) суммарной площади светопрозрачных и непрозрачных ограждающих конструкций, если приведенное сопротивление теплопередаче окон (кроме мандсардных) меньше: 0,51 м²·°C/Вт при D_d равных 3500 и ниже; 0,56 м²·°C/Вт при D_d выше 3500 до 5200; 0,65 м²·°C/Вт при D_d выше 5200 до 7000 и 0,81 м²·°C/Вт при D_d выше 7000.

При определении коэффициента остекленности фасада f в суммарную площадь ограждающих конструкций следует включать все продольные и торцевые стены. Площадь светопроемов зенитных фонарей не должна превышать 15 % площади пола освещаемых помещений, мандсардных окон – 10 %.

Примечание: температура внутренней поверхности конструктивных элементов остекления окон зданий (кроме производственных) должна быть не ниже плюс 3°C, а непрозрачных элементов окон – не ниже температуры точки росы при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года, для производственных – не ниже 0 °C.

2.7. Ограждающие конструкции остекленных лоджий и балконов

При остеклении лоджий и балконов образуется замкнутое пространство, температура которого формируется в результате воздействия его ограждающих конструкций, среды помещения здания и наружных условий. Температура воздуха внутри этого пространства t_{bal} определяется на основе решения уравнения теплового баланса остекленной лоджии или балкона (далее – лоджии)

$$(t_{int} - t_{bal}) \sum_{i=1}^n \frac{A_i^+}{R_{0i}^+} = (t_{bal} - t_{ext}) \sum_{j=1}^m \frac{A_j^-}{R_{0j}^-}, \quad (2.28)$$

где A_i^+, R_{0i}^+ – соответственно площадь, м², и приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт, i -го участка ограждения между помещением здания и лоджией; n – число участков ограждений между помещением здания и лоджией; A_j^-, R_{0j}^- – соответственно площадь, м², и приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°C/Вт, j – го участка ограждения между лоджией и наружным воздухом; m – число участков ограждений между лоджией и наружным воздухом.

Температуру воздуха внутри остекленной лоджии t_{bal} , °C, следует определять из уравнения теплового баланса по формуле

$$t_{bal} = \frac{t_{int} \sum_{i=1}^n \frac{A_i^+}{R_{0i}^+} + t_{ext} \sum_{j=1}^m \frac{A_j^-}{R_{0j}^-}}{\sum_{i=1}^n \frac{A_i^+}{R_{0i}^+} + \sum_{j=1}^m \frac{A_j^-}{R_{0j}^-}}, \quad (2.29)$$

Приведенное сопротивление теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленной лоджии, разделяющих внутреннюю и наружную среды: стен R_{0w}^{bal} и окон R_{0F}^{bal} следует определять по формулам

$$R_{0w}^{bal} = \frac{R_{0w}^r}{n}; \quad R_{0F}^{bal} = \frac{R_{0F}^r}{n}, \quad (2.30)$$

где R_{0w}^r – приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены в пределах остекленной лоджии, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; R_{0F}^r – приведенное сопротивление теплопередаче заполнений оконных проемов и проемов лоджии, расположенных в наружной стене в пределах остекленной лоджии, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, для наружных стен и окон остекленной лоджии следует принимать по формуле

$$n = \frac{t_{int} - t_{bat}}{t_{int} - t_{ext}}. \quad (2.31)$$

3. ПРИМЕРЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

3.1. Расчет сопротивления теплопередаче бесчердачного покрытия

Исходные данные



Рис. 3.1. Расчетная схема бесчердачного покрытия

3.1.1. Расчет приведенного термического сопротивления неоднородной ограждающей конструкции

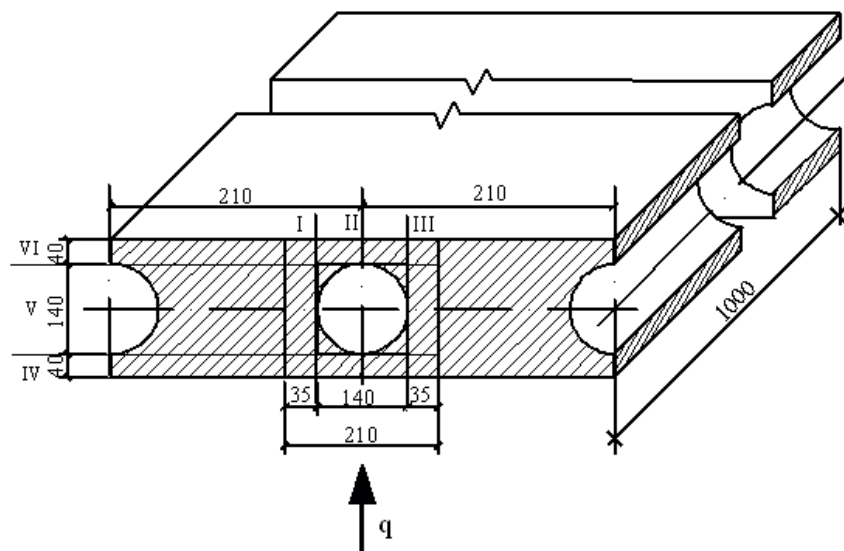


Рис. 3.2. Расчетная схема железобетонной плиты

Порядок расчета

Для упрощения расчетов выделим фрагмент плиты длиной 1000 мм и шириной 210 мм. Заменяем круглый воздушный канал диаметром 160 мм равным ему по площади квадратным со стороной квадрата 140 мм ($a^2 = p \cdot r^2$; $a = r\sqrt{p}$).

а) Плоскостями, параллельными направлению теплового потока, выделенный фрагмент плиты условно разрезается на участки I, II, III.

Термическое сопротивление участков I и III определяется по формуле (2.3) как для однородного слоя ограждающей конструкции

$$R_I = R_{III} = \frac{0,22}{1,92} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Площадь участков I и III составляет $A_I = A_{III} = 0,035 \cdot 1 = 0,035 \text{ м}^2$.

Термическое сопротивление участка II рассчитывается как сумма термических сопротивлений отдельных слоев железобетонной плиты по формуле (2.5)

$$R_{II} = \frac{0,04}{1,92} + 0,15 + \frac{0,04}{1,92} = 0,192 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт},$$

где $R_{a.l} = 0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ – термическое сопротивление воздушной прослойки, принимаемое по таблице Б.6, при положительной температуре воздуха в воздушной прослойке и потоке тепла «снизу-вверх».

Площадь участка II $A_{II} = 0,14 \cdot 1 = 0,14 \text{ м}^2$.

Термическое сопротивление железобетонной плиты при такой разбивке определяется по формуле (2.6) и составляет

$$R_{aT} = \frac{0,035 + 0,14 + 0,035}{\frac{0,035}{0,115} + \frac{0,14}{0,192} + \frac{0,035}{0,115}} = 0,157 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

б) Плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, фрагмент плиты условно разрезается на участки IV, V, VI (см. рис. 3.1).

Термическое сопротивление однородных слоев IV и VI определяется по формуле (2.3)

$$R_{IV} = R_{VI} = \frac{0,04}{1,92} = 0,021 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Слой V имеет толщину 0,14 м и состоит из трех участков, в том числе два площадью \dot{A}_I и \dot{A}_{III} , выполненных из железобетона и один \dot{A}_{II} - замкнутая воздушная прослойка.

Термическое сопротивление слоя V определяется по формуле (2.6)

$$R_V = \frac{0,035 + 0,14 + 0,035}{\frac{0,035}{0,14/1,92} + \frac{0,14}{0,15} + \frac{0,035}{0,14/1,92}} = 0,111 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Термическое сопротивление плиты при такой разбивке вычисляется как сумма термических сопротивлений отдельных однородных и неоднородных слоев, т.е. по формуле (2.5)

$$R_T = 0,021 + 0,111 + 0,021 = 0,153 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Приведенное сопротивление железобетонной плиты определяется по формуле (2.7) и составляет

$$R_k^r = \frac{0,157 + 2 \cdot 0,153}{3} = 0,154 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Величина R_{aT} превышает величину R_T на 2,6 % < 25 % ($\frac{R_{aT}}{R_T} = \frac{0,157}{0,153} = 1,026$), следовательно, расчет можно считать окончанным.

3.1.2 Определение толщины утеплителя

Определим приведенное сопротивление конструкции (см. рис. 3.1) по формуле (2.4)

$$R_0^r = \frac{1}{8,7} + 0,153 + \frac{0,002}{0,17} + \frac{d_3}{0,06} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{1}{23} = 0,4 + \frac{d_3}{0,06}.$$

Определим толщину d_3 слоя утеплителя из минераловатных прошивных матов на синтетическом связующем, приравняв приведенное сопротивление конструкции и нормируемое значение сопротивления теплопередаче:

$$0,4 + \frac{d_3}{0,06} = 4,18.$$

$$d_3 = 0,23 \text{ м.}$$

Принимаем толщину слоя утеплителя из матов минераловатных прошивных на синтетическом связующем $d_3 = 0,24$ м.

Определим толщину всей ограждающей конструкции

$$d = 0,22 + 0,002 + 0,24 + 0,03 + 0,006 = 0,498 \text{ м.}$$

Определим фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче конструкции

$$R_0^r = \frac{1}{8,7} + 0,153 + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,24}{0,06} + \frac{0,03}{0,76} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{1}{23} = 4,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Проверим, удовлетворяет ли конструкция нормативным показателям, изложенным в [1]:

– приведенное сопротивление теплопередаче бесчердачных покрытия

$$R_0^r = 4,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{req} = 4,18 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

– санитарно-гигиенический показатель

$$t_{si}^{av} = 20 - \frac{1 \cdot (20 - (-25))}{4,4 \cdot 8,7} = 18,83 \text{ °C,}$$

$$t_{si}^{av} = 18,83 \text{ °C} > t_p = 10,7 \text{ °C,}$$

$$Dt_0 = 20 - 18,83 = 1,17 \text{ °C,}$$

$$Dt_0 = 1,17 \text{ °C} < 3 \text{ °C.}$$

Таким образом, конструкция удовлетворяет всем нормативным показателям, что свидетельствует о ее хороших теплозащитных свойствах.

3.2. Теплотехнический расчет наружной стеновой панели серии ИИ-04

Исходные данные

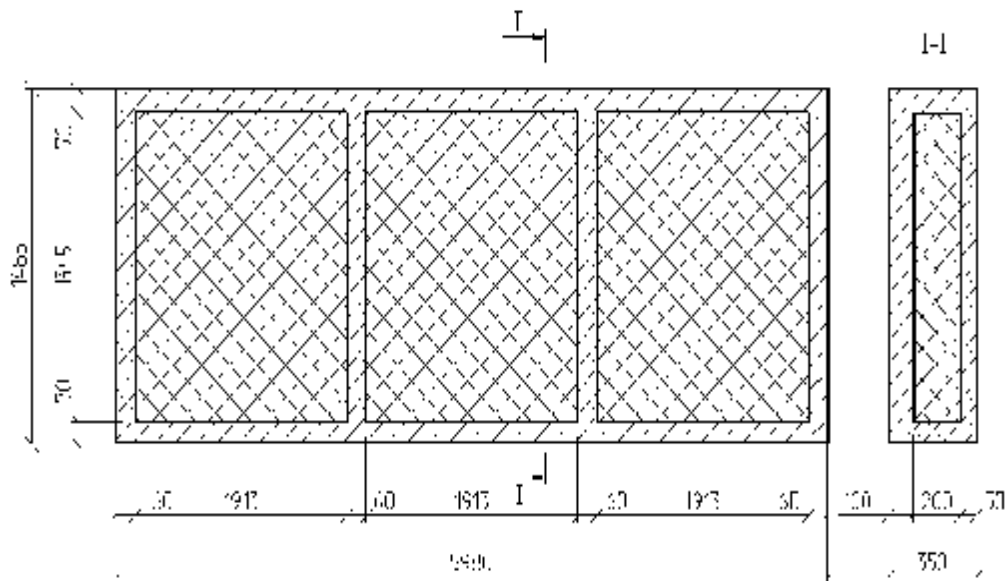


Рис. 3.3. Расчетная схема наружной стеновой панели

Место строительства – Челябинск,
 $t_{ext} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$; $D_d = 5777 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$.

Геометрические характеристики:
 площадь панели: $5,98 \cdot 1,485 = 8,88 \text{ м}^2$; площадь панели, занимаемая утеплителем, равна $7,72 \text{ м}^2$; площадь ребер жесткости составляет $1,16 \text{ м}^2$.

№ п/п	Наименование слоя	d , м	r_0 , кг/м ³	l , Вт/(м·°C)
1	Шлакопемзобетон М-150	0,10	1900	0,63
2	Пенополистирол ПСБ-25	0,20	25	0,042
3	Шлакопемзобетон М-150	0,05	1900	0,63

Соединение слоев выполняется при помощи жестких связей в виде армированных соединительных ребер, расположенных по контуру панели и в теле панели.

Порядок расчета

Конструкция панели неоднородная, поэтому необходимо рассчитать приведенное термическое сопротивление панели.

Определение приведенного сопротивления теплопередаче на основании расчета температурного поля

Сопротивление теплопередаче для участков панели с теплоизоляционным слоем определяется по формуле (2.4):

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,63} + \frac{0,2}{0,042} + \frac{0,05}{0,63} + \frac{1}{23} = 5,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Температура внутренней поверхности t_{si}^{av} , °С, на участках панели с теплоизоляционным слоем рассчитывается по формуле (2.21):

$$t_{si}^{av} = 20 - \frac{1 \cdot (20 - (-34))}{5,16 \cdot 8,7} = 18,8 \text{ °С.}$$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции в местах теплопроводных включений (ребер жесткости):

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,35}{0,63} + \frac{1}{23} = 0,713 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

Для определения средней температуры внутренней поверхности части панели по теплопроводному включению произведена разбивка на расчетные участки по типу теплопроводных включений.

Площадь ребер жесткости составляет 1,16 м² и может быть представлена в виде суммы составляющих элементов:

- верхняя и нижняя горизонталь панели: $A_{p.ж.1} = 0,84 \text{ м}^2$;
- вертикали панели: $A_{p.ж.2} = 0,16 \text{ м}^2$;
- вертикальное ребро в теле панели: $A_{p.ж.3} = 0,16 \text{ м}^2$.

Соответственно на каждом элементе определена температура внутренней поверхности.

Теплопроводные включения в панели рассматриваем по схеме Па (см. приложение В).

Ребро жесткости по верхней и нижней горизонтали панели

Толщина теплопроводного включения $a = 140 \text{ мм}$; $\delta = 350 \text{ мм}$; $a/\delta = 140/350 = 0,4$; $100/50 = 2,0$; $\eta = 0,48$ по таблице Б.8; $R_0' = 0,713 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$; $R_0 = R_{0 \text{ усл}} = 5,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$; $F_{p.ж.1} = 0,84 \text{ м}^2$.

По формуле (2.13) $t'_{si1} = 20 - \frac{1 \cdot (20 + 34)}{5,16 \cdot 8,7} \left[1 + 0,48 \cdot \left(\frac{5,16}{0,713} - 1 \right) \right] = 15,2 \text{ °С.}$

Ребро жесткости по вертикали панели

Толщина теплопроводного включения $a = 120 \text{ мм}$; $\delta = 350 \text{ мм}$; $a/\delta = 120/350 = 0,34$; $100/50 = 2,0$; $\eta = 0,43$ по таблице Б.8; $R_0' = 0,713 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$; $R_0 = R_{0 \text{ усл}} = 5,16 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$; $F_{p.ж.2} = 0,16 \text{ м}^2$.

$$t'_{si2} = 20 - \frac{1 \cdot (20 + 34)}{5,16 \cdot 8,7} \left[1 + 0,43 \cdot \left(\frac{5,16}{0,713} - 1 \right) \right] = 15,6 \text{ °С.}$$

Вертикальное ребро жесткости в теле панели

Толщина теплопроводного включения $a = 60$ мм; $\delta = 350$ мм; $a/\delta = 60/350 = 0,17$; $100/50 = 2,0$; $\eta = 0,274$ по таблице Б.8; $R_0' = 0,713$ м²·°С/Вт; $R_0 = R_0 \text{ усл} = 5,16$ м²·°С/Вт; $F_{p,ж,з} = 0,16$ м².

$$t'_{si3} = 20 - \frac{1 \cdot (20 + 34)}{5,16 \cdot 8,7} \left[1 + 0,274 \cdot \left(\frac{5,16}{0,713} - 1 \right) \right] = 16,75 \text{ °С.}$$

Средняя температура внутренней поверхности панели составляет:

$$t'_{siav} = \frac{8,88}{\frac{7,72}{18,8} + \frac{0,84}{15,2} + \frac{0,16}{15,6} + \frac{0,16}{16,75}} = 18,35 \text{ °С.}$$

Тепловой поток: $q = 8,7(20 - 18,35) = 14,35$ Вт/м².

Приведенное сопротивление теплопередаче панели составляет:

$$R_0 = \frac{(20 + 34)}{14,35} = 3,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

3.3. Теплотехнический расчет «теплого» чердака

Исходные данные

Место строительства – Москва, $t_{ext} = -28$ °С; $D_d = 4943$ °С·сут; тип здания – рядовая секция 17-этажного жилого дома; кухни в квартирах с электроплитами.

Площадь покрытия (кровли) над теплым чердаком $A_{g.c.} = 252,8$ м², перекрытия теплого чердака $A_{g.f.} = 252,8$ м², наружных стен теплого чердака $A_{g.w.} = 109,6$ м².

Приведенная площадь наружных стен теплого чердака определяется по формуле (2.20)

$$a_{g.w.} = \frac{109,6}{252,8} = 0,4335 \text{ м}^2/\text{м}^2.$$

Сопротивление теплопередаче стен $R_0^{g.w.} = 1,8$ м²·°С/Вт.

В теплом чердаке размещена верхняя разводка труб системы отопления и горячего водоснабжения. Расчетные температуры системы отопления с верхней разводкой 95 °С, горячего водоснабжения 60 °С. Длина трубопроводов верхней разводки системы отопления составила:

d_{pi} , мм	80	50	32	25	20
l_{pi} , м	15	17	19,3	27,4	6,3

Длина трубопроводов горячего водоснабжения составила:

d_{pi} , мм	80	50	32	25
l_{pi} , м	3,5	16	12,4	6

Температура воздуха в помещениях верхнего этажа $t_{int} = 20$ °С; температура воздуха, поступающего в теплый чердак из вентиляционных каналов, $t_{ven} = 21,5$ °С.

Порядок расчета

1. Согласно таблице Б.1 нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытия жилого здания R_{req} для $D_d = 4943$ °С·сут должно быть не менее $4,67$ м²·°С/Вт.

Определим величину требуемого сопротивления теплопередаче перекрытия теплого чердака $R_0^{g.f.}$ по формуле (2.15), предварительно вычислив коэффициент n по формуле (2.16), приняв температуру воздуха в теплом чердаке $t_{int}^g = 18$ °С.

$$n = \frac{20 - 18}{20 + 28} = 0,04.$$

Тогда $R_0^{g.f.} = 0,04 \cdot 4,67 = 0,19$ м²·°С/Вт.

Проверим выполнение условия (2.17) для потолков помещений последнего этажа при $Dt_n = 3$ °С по формуле (2.18)

$$Dt_0 = \frac{20 - 18}{0,19 \cdot 8,7} = 1,21$$
 °С < $Dt_n = 3$ °С.

Так как перекрытие верхнего этажа состоит из железобетонной плиты толщиной 160 мм с затиркой цементно-песчаным раствором толщиной 20 мм, то сопротивление теплопередаче $R_0^{g.f.}$ этого перекрытия равно $0,3$ м²·°С/Вт, что выше минимального значения $0,19$ м²·°С/Вт, определенного по формуле (2.15).

2. Вычислим согласно формуле (2.19) величину сопротивления теплопередаче покрытия чердака $R_0^{g.c.}$, предварительно определив следующие величины:

- сопротивление теплопередаче наружных стен чердака из условия невыпадения конденсата равно $1,8$ м²·°С/Вт;
- приведенный расход воздуха в системе вентиляции определяется по таблице Б.9: $G_{ven} = 26,4$ кг/(м²·ч) для 17-этажного дома с электроплитами;
- приведенные теплоступления от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения определяются на основе исходных данных для труб и соответствующих значений q_{pi} по таблице Б.10 (при температуре окружающего воздуха 18 °С)

$$\frac{\sum_{i=1}^n q_{pi} \cdot l_{pi}}{A_{g.f.}} = \frac{(31,8 \cdot 15 + 25 \cdot 17 + 22,2 \cdot 19,3 + 20,4 \cdot 27,4 + 18,1 \cdot 6,3 + 19,2 \cdot 3,5 + 14,9 \cdot 16 + 13,3 \cdot 12,4 + 12 \cdot 6)}{2528} = 10,07 \text{ Вт/м}^2.$$

Тогда сопротивление теплопередаче покрытия чердака $R_0^{g.c.}$ равно:

$$R_0^{g.c.} = \frac{18 + 28}{0,28 \cdot 26,4 \cdot 1 \cdot (21,5 - 18) + \frac{(20 - 18)}{0,3} + 10,07 - \frac{(18 + 28) \cdot 0,4335}{1,8}} = 1,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

3. Проверим наружные ограждающие конструкции чердака на условие невыпадения конденсата на их внутренней поверхности. С этой целью по формуле (2.21) рассчитаем температуру на внутренней поверхности покрытия $t_{si}^{g.c.}$ и стен $t_{si}^{g.w.}$ чердака

$$t_{si}^{g.c.} = 18 - \frac{18 + 28}{12 \cdot 1,46} = 15,37 \text{ °C}; \quad t_{si}^{g.w.} = 18 - \frac{18 + 28}{8,7 \cdot 1,8} = 15,06 \text{ °C}.$$

Определим температуру точки росы t_d воздуха на чердаке.

Среднее парциальное давление водяного пара за январь для Москвы равно $\bar{a}_\theta = 2,80$ гПа. Влажосодержание наружного воздуха f_{ext} определяется по формуле (2.23)

$$f_{ext} = \frac{0,794 \cdot 2,8}{1 - \frac{28}{273}} = 2,478 \text{ г/м}^3.$$

Влажосодержание воздуха теплого чердака f_g определяют по формуле (2.22) для домов с электроплитами

$$f_g = 2,478 + 3,6 = 6,078 \text{ г/м}^3.$$

Парциальное давление водяного пара воздуха в чердаке e_g определяется по формуле (2.24)

$$e_g = \frac{6,078 \cdot \left(1 + \frac{18}{273}\right)}{0,794} = 8,16 \text{ гПа}.$$

По таблице Б.12 находим температуру точки росы $t_d = 4,05$ °C, что значительно меньше минимальной температуры поверхности (в данном случае стен) 15,06 °C. Следовательно, конденсат на покрытии и стенах чердака выпадать не будет.

3.4 Теплотехнический расчет техподполья

Исходные данные

Тип здания – рядовая секция 17-этажного жилого дома при наличии нижней разводки труб обратной магистрали систем отопления и горячего водоснабжения.

- Место строительства – Москва, $t_{ext} = -28\text{ }^\circ\text{C}$; $D_d = 4943\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$.
- Площадь цокольного перекрытия (над техподпольем) $A_b = 281\text{ м}^2$;
- Ширина подвала – 13,8 м;
- Площадь пола техподполья – 281 м^2 ;
- Высота наружной стены техподполья, заглубленной в грунт, – 1,04 м;
- Площадь наружных стен техподполья, заглубленных в грунт, – $48,9\text{ м}^2$;
- Суммарная длина l поперечного сечения ограждений техподполья, заглубленных в грунт,

$$l = 13,8 + 2 \cdot 1,04 = 15,88\text{ м}.$$

- Высота наружной стены техподполья над уровнем земли – 1,2 м;
- Площадь наружных стен над уровнем земли $A_{b,w} = 53,3\text{ м}^2$;
- Объем техподполья $V_b = 646\text{ м}^3$.

Расчетные температуры системы отопления нижней разводки $70\text{ }^\circ\text{C}$, горячего водоснабжения $60\text{ }^\circ\text{C}$.

Длина трубопроводов системы отопления с нижней разводкой l_{pi} составила:

$d_{pi}, \text{ мм}$	80	70	50	40	32	25	20
$l_{pi}, \text{ м}$	3,5	10,5	11,5	4,0	17,0	14,5	6,3

Длина трубопроводов горячего водоснабжения составила:

$d_{pi}, \text{ мм}$	40	25
$l_{pi}, \text{ м}$	47	22

Газораспределительных труб в техподполье нет, поэтому кратность воздухообмена в техподполье $l = 0,5\text{ ч}^{-1}$;

Температура воздуха в помещениях первого этажа $t_{int} = 20\text{ }^\circ\text{C}$.

Порядок расчета

1. Сопротивление теплопередаче наружных стен техподполья над уровнем земли принимается равным сопротивлению теплопередаче наружных стен $R_0^{b,w} = 3,13\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

2. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций заглубленной части техподполья определяется как для утепленных полов на грунте, состоящей из термического сопротивления стены, равного $3\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$, и участков пола техподполья.

Сопротивление теплопередаче участков пола техподполья (начиная от стены до середины техподполья) шириной: 1 м – $2,1\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$; 2 м – $4,3\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$; 2 м – $8,6\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$; 1,9 м – $14,2\text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Соответственно площадь этих участков для части техподполья длиной 1 м будет равна $1,04\text{ м}^2$ (стены, контактирующей с грунтом), 1 м^2 , 2 м^2 , 2 м^2 , $1,9\text{ м}^2$.

Таким образом, сопротивление теплопередаче заглубленной части стен техподполья равно

$$R_0^{r.s.} = 2,1 + 3 = 5,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Вычислим приведенное сопротивление теплопередаче ограждений заглубленной части техподполья как средневзвешенное по площадям ограждений значение

$$R_0^s = \frac{1,04 + 1 + 2 + 2 + 1,9}{\frac{1,04}{5,1} + \frac{1}{2,1} + \frac{2}{4,3} + \frac{2}{8,6} + \frac{1,9}{14,2}} = 5,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

3. Согласно таблице Б.1 нормируемое сопротивление теплопередаче перекрытия над техподпольем жилого здания R_{req} для $D_d = 4943 \text{°C} \cdot \text{сут}$ равно $4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$

Определим значение требуемого сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем $R_0^{b.c}$ по формуле (2.25), предварительно вычислив n – коэффициент, рассчитываемый при принятой минимальной температуре воздуха в подполье $t_{int}^b = 2 \text{°C}$ по формуле (2.26)

$$n = \frac{20 - 2}{20 + 28} = 0,375.$$

Тогда

$$R_0^{b.c} = 0,375 \cdot 4,12 = 1,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

4. Определим температуру воздуха в техподполье t_{int}^b по формуле (2.27), предварительно рассчитав значения входящих в формулу слагаемых, касающихся тепловыделений от труб систем отопления и горячего водоснабжения, используя данные таблицы Б.10. При температуре воздуха в техподполье 2°C плотность теплового потока трубопроводов возрастет по сравнению со значениями, приведенными в таблице Б.10: для трубопроводов системы отопления – на коэффициент

$$\left[\frac{70 - 2}{70 - 18} \right]^{1,283} = 1,41;$$

для трубопроводов горячего водоснабжения

$$\left[\frac{60 - 2}{60 - 18} \right]^{1,283} = 1,51.$$

Тогда

$$\sum_{i=1}^n (q_{pi} \cdot l_{pi}) = 1,41 \cdot (22,8 \cdot 3,5 + 2,03 \cdot 10,5 + 17,7 \cdot 11,5 + 17,3 \cdot 4 + 15,8 \cdot 17 + 14,4 \cdot 14,5 + 12,7 \cdot 6,3) + 1,51 \cdot (14,6 \cdot 47 + 12 \cdot 22) = 1313 + 1435 = 2848.$$

Рассчитаем значение температуры t_{int}^b из уравнения теплового баланса при назначенной температуре подполья 2°C :

$$t_{int}^b = \frac{\frac{20 \cdot 281}{1,55} + 2848 + 0,28 \cdot 646 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot (-28) + \frac{(-28) \cdot 329,9}{5,25} + \frac{(-28) \cdot 53,3}{3,13}}{\frac{281}{1,55} + 0,28 \cdot 646 \cdot 0,5 \cdot 1,2 + \frac{329,9}{5,25} + \frac{53,3}{3,13}} = 3,24 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тепловой поток через цокольное перекрытие составил

$$q^{b.c} = \frac{20 - 3,24}{1,55} = 10,8 \text{ Вт/м}^2.$$

5. Проверим, удовлетворяет ли теплозащита перекрытия над техподпольем требованию нормативного перепада $Dt_n = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ для пола первого этажа.

По формуле (2.2) определяем минимально допустимое сопротивление теплопередаче

$$R_0^{min} = \frac{20 - 2}{2 \cdot 8,7} = 1,03 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт} < R_0^{b.c} = 1,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над техподпольем составляет $1,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ при нормируемом согласно таблице Б.1 сопротивлении теплопередаче перекрытий над подвалами $4,12 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$.

Таким образом, в техподполье эквивалентная нормам [1] тепловая защита обеспечивается не только ограждениями (стенами и полом) техподполья, но и за счет теплоты от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения.

3.5. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче участков стен, расположенных за остекленными лоджиями и балконами

Исходные данные

Девятиэтажное жилое здание со стенами из пористого силикатного кирпича толщиной 770 мм ($R_w^r = 1,45 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$), построено в городе Ярославле ($t_{ext} = -31 \text{ } ^\circ\text{C}$). Балконы и лоджии остеклены однослойным остеклением ($R_F = 0,18 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$), нижняя часть утеплена ($R_w = 0,81 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$). В наружных стенах в зоне остекленных балконов светопроемы заполнены оконными и дверными блоками с двухслойным остеклением в отдельных переплетах ($R_F^r = 0,44 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$). Наружный торец балкона имеет стенку из силикатного кирпича толщиной 380 мм ($R_w = 0,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$). Температура внутреннего воздуха $t_{int} = 21 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Определить приведенное сопротивление теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленного балкона.

Порядок расчета

Согласно геометрическим показателям ограждений остекленного балкона, представленным на рисунке 3.2, определены сопротивления теплопередаче R^r и площади A отдельных видов ограждений.

1. Наружная стена из пористого силикатного кирпича толщиной 770 мм, $R_w^r = 1,45 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $A_w = 15 \text{ м}^2$.
2. Заполнение балконного и оконного проемов деревянными блоками с двухслойным остеклением в отдельных переплетах $R_F^r = 0,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $A_F = 6,5 \text{ м}^2$.
3. Торцевая стенка из силикатного кирпича толщиной 380 мм $R_w^r = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $A_w = 3,24 \text{ м}^2$.
4. Непрозрачная часть ограждения балкона $R_w = 0,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $A_w = 6,9 \text{ м}^2$.
5. Однослойное остекление балкона $R_F = 0,18 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, $A_F = 10,33 \text{ м}^2$.

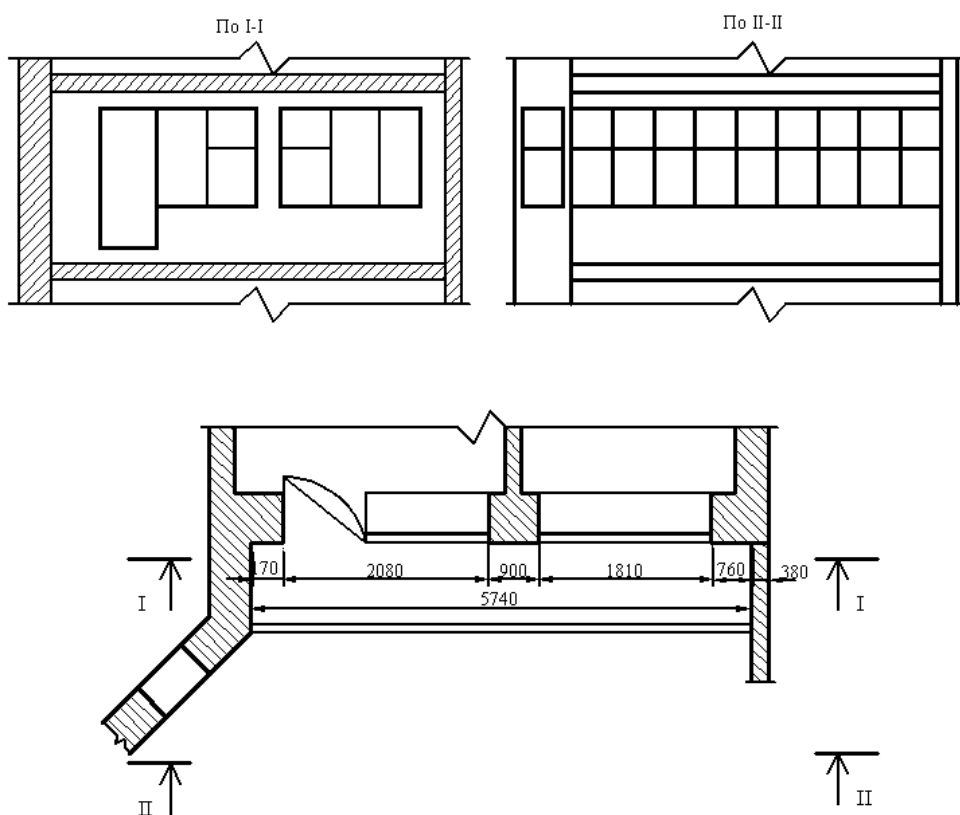


Рис. 3.2. Разрезы по сечениям I-I и II-II плана и план остекленного балкона многоэтажного жилого здания

Определим температуру воздуха на балконе t_{bal} при расчетных температурных условиях по формуле (2.29)

$$t_{bal} = \frac{21 \cdot \left(\frac{15}{1,45} + \frac{6,5}{0,44} \right) + (-31) \cdot \left(\frac{10,33}{0,18} + \frac{6,9}{0,81} + \frac{3,24}{0,6} \right)}{\left(\frac{15}{1,45} + \frac{6,5}{0,44} \right) + \left(\frac{10,33}{0,18} + \frac{6,9}{0,81} + \frac{3,24}{0,6} \right)} = -17,45 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По формуле (2.31) определим коэффициент n :

$$n = \frac{21 + 17,45}{21 + 31} = 0,739.$$

По формулам (2.30) получим уточненные значения приведенного сопротивления теплопередаче стен R_W^{bal} и заполнений светопроемов R_F^{bal} с учетом остекления балкона:

$$R_W^{bal} = \frac{1,45}{0,739} = 1,96 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}; \quad R_F^{bal} = \frac{0,44}{0,739} = 0,595 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$