

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры  
«Санитарно-технические системы»  
« 20 » января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

***«Нормирование теплового режима зданий»***

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
***08.04.01 – "Строительство"***

с профилем  
***" Теплогазоснабжение и вентиляция "***

Форма(ы) обучения: *очная, заочная*


Идентификационный номер образовательной программы: 080401-05-23

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**Фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

**Разработчик:**

Титов Д.Ю. доцент, к.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

## 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ

### 1.1 НАРУЖНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

1.1.1 Расчетную температуру наружного воздуха  $t_{ext}$ , °С, следует принимать по средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 23-01 для соответствующего городского или сельского населенного пункта. При отсутствии данных для конкретного пункта расчетную температуру следует принимать для ближайшего населенного пункта, который указан в СНиП 23-01.

1.1.2 Продолжительность отопительного периода  $z_{ht}$ , сут, и среднюю температуру наружного воздуха  $t_{ext}^{av}$ , °С, в течение отопительного периода следует принимать согласно СНиП 23-01 (табл. 1, графы 13 и 14 — для медицинских и детских учреждений, графы 11 и 12 — в остальных случаях) для соответствующего города или населенного пункта. При отсутствии данных для конкретного пункта расчетные параметры отопительного периода следует принимать для ближайшего населенного пункта, который указан в СНиП 23-01. Величину градусо-суток  $D_d$  в течение отопительного периода следует вычислять по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ext}^{av}) z_{ht}, \quad (1.1)$$

где  $t_{int}$  — расчетная температура воздуха внутри здания согласно, °С.

Средний удельный вес наружного воздуха в течение отопительного периода  $\gamma_a^{ht}$  Н/м<sup>3</sup>, следует рассчитывать по формуле

$$\gamma_a^{ht} = 3463 / (273 + t_{ext}^{av}). \quad (1.2)$$

Среднюю плотность воздуха  $\rho_a^{ht}$ , кг/м<sup>3</sup>, следует определять по формуле

$$\rho_a^{ht} = 353 / (273 - t_{ext}^{av}), \quad (1.4)$$

### 1.2 ВНУТРЕННИЕ УСЛОВИЯ

Параметры воздуха внутри жилых и общественных зданий из условия комфортности следует определять согласно таблице 1 — для холодного периода года, и таблице 2 — для теплого периода года.

1.2.1 Расчетная относительная влажность воздуха внутри жилых и общественных зданий должна быть не выше значений, приведенных в графе 3 таблиц 1 и 2.

Обеспеченность условий эксплуатации ограждающих конструкций следует устанавливать в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности следующим образом:

- определяют зону влажности (влажная, нормальная, сухая) согласно приложению 1\* СНиП II-3; при этом в случае попадания населенного пункта на границу зон влажности следует выбирать более влажную зону;

- определяют влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный или мокрый) в зависимости от расчетной относительной влажности и температуры внутреннего воздуха в соответствии с 1.3 СНиП II-3;

- устанавливают условия эксплуатации ограждающих конструкций (А, Б) в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности по приложению 2 СНиП II-3.

1.2.2 Расчетная температура воздуха внутри жилых и общественных зданий  $t_{int}$  для холодного периода года должна быть не ниже оптимальных значений, приведенных в таблице 1, согласно ГОСТ 30494. Параметры воздуха зданий производственного назначения следует принимать согласно ГОСТ 12.1.005 и норм проектирования соответствующих зданий и сооружений. Расчетная температура воздуха внутри здания  $t_{int}$  для теплого периода года должна быть не выше допустимых значений, приведенных в таблице 2, согласно ГОСТ 30494.

Таблица 1 — Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура воздуха внутри здания $t_{int}$ , °С	Допустимая относительная влажность воздуха $\phi_{int}$ , %
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	20*+2	55+5
2. Поликлиники и лечебные учреждения	21+1	55+5
3. Детские дошкольные учреждения	22+1	55+5

\* 21 °С в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 °С и ниже.

1.3 Температура внутренних поверхностей наружных ограждений здания, где имеются теплопроводные включения (диафрагмы, сквозные включения цементно-песчаного раствора или бетона, межпанельные стыки, жесткие соединения и гибкие связи в многослойных панелях, оконные обрамления и т.д.), в углах и в оконных откосах, не должна быть ниже, чем температура точки росы воздуха внутри здания  $t_d$  (таблица 3) при расчетной относительной влажности  $\phi_{int}$  и расчетной температуре  $t_{int}$  внутреннего воздуха (таблица 1).

Таблица 2 — Допустимые температура и относительная влажность воздуха внутри здания для теплого периода года

Тип здания	Температура воздуха внутри здания $t_{int}$ , °C	Относительная влажность воздуха внутри здания $\phi_{int}$ , %
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	24±4	60±5
2. Поликлиники и лечебные учреждения	24±4	60±5
3. Детские дошкольные учреждения	24±4	60±5

Таблица 3 — Температура точки росы воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура точки росы $t_d$ , °C
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	10,7 (11,6 в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31 °C и ниже)
2. Поликлиники и лечебные учреждения	11,6
3. Детские дошкольные учреждения	12,6

1.4 При расчетах теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года максимальную амплитуду суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле  $A_{t,ext}$ , °C, следует принимать по приложению Г СП 23-101. Максимальное  $I_{max}$ , Вт/м<sup>2</sup>, и среднее  $I_{av}$ , Вт/м<sup>2</sup>, значения суммарной солнечной радиации для различных поверхностей — по приложению Ц СП 23-101.

### 1.3. Задачи и упражнения.

1. Выбрать расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха для объекта расположенного в городе N (назначение и № объекта см. прил. 1, номер задания соответствует номеру в списке группы).

## 2. ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД ГОДА

### 2.1. Рекомендуемые требования к теплоустойчивости помещений в холодный период года.

Требуемая амплитуда колебания результирующей температуры (ГОСТ 30494) помещения  $A_r^{req}$  °С, в холодный период года не должна превышать:

- при наличии центрального отопления и печей непрерывной топки — 1,5 °С;
- при электро-, теплоаккумуляционном отоплении — 2,5 °С;
- при печном отоплении с периодической топкой — 3 °С.

Метод расчета теплоустойчивости помещений в холодный период года состоит в следующем.

Расчетную амплитуду колебания температуры воздуха в помещениях жилых и общественных зданий в холодный период года  $A_r^{cal}$ , °С, следует определять по формуле

$$A_r^{cal} = (0,7MQ_0) / (\sum A_i B_i), \quad (2.1)$$

где  $M$  — коэффициент неравномерности теплоотдачи нагревательным прибором, принимаемый по таблице 9;

$Q_0$  — средняя теплоотдача отопительного прибора, Вт, равная теплотермам данного помещения, определяемым в соответствии с нормативными документами;

$A_i$  — площадь  $i$ -й ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;

$B_i$  — коэффициент теплопоглощения поверхности  $i$ -го ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), определяемый по формуле

$$B_i = 1 / \left[ (1/\alpha_i) + (1/Y_i^{int}) \right], \quad (2.2)$$

$\alpha_i$  — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), равный  $4,5 + \alpha_k$ ;

$\alpha_k$  — коэффициент конвективного теплообмена внутренней поверхности, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимаемый равным для: внутреннего ограждения — 1,2; окна — 3,5; пола — 1,5; потолка — 3,5;

$Y_i^{int}$  — коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности  $i$ -ой ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), определяемый по 2.2

Нумерация слоев в формуле (45) принята в направлении от внутренней к наружной поверхности ограждения.

При расчете  $A_r^{cal}$  по формуле (44) для окон и остекленных наружных дверей следует принимать величину

$$B_i = 1 / (1,08R_0), \quad (2.3)$$

где  $R_0$  — сопротивление теплопередаче окна или двери, м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Таблица 9— Коэффициент неравномерности теплоотдачи нагревательных приборов  $M$

Тип отопления	$M$
1. Водяное отопление зданий с непрерывным обслуживанием	0,1
2. Паровое отопление или нетеплоемкими печами:	
а) время подачи пара или топки печи — 18 ч, перерыв — 6 ч	0,8
б) время подачи пара или топки печи — 12 ч, перерыв — 12 ч	1,4
в) время подачи пара или топки печи — 6 ч, перерыв — 18 ч	2,2
3. Поквартирное водяное отопление (время топки — 6 ч)	1,5
4. Печное отопление теплоемкими печами при топке их 1 раз в сутки:	От 0,4 до 0,9
толщина стенок печи в 1/2 кирпича	От 0,7 до 1,4
толщина стенок печи в 1/4 кирпича	
<i>Примечание</i> — Меньшие значения $M$ соответствуют массивным печам, большие — менее массивным легким печам. При топке печей 2 раза в сутки величину $M$ следует уменьшать в 2,5 — 3 раза для печей со стенками в 1/2 кирпича, и в 2 — 2,3 раза — при 1/4 кирпича.	

2.1.1. Для определения коэффициентов теплоусвоения поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции следует предварительно вычислить тепловую инерцию  $D$ .

Тепловая инерция  $D$  каждого слоя вычисляется по формуле

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n, \quad (2.4)$$

где  $R_1, R_2, \dots, R_n$  — термические сопротивления отдельных слоев ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>·°С/Вт, принимаемые по формуле (3);

$s_1, s_2, \dots, s_n$  — расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), принимаемые по приложению Е.

**Примечания**

1. Расчетный коэффициент теплоусвоения воздушных прослоек принимается равным нулю.
2. Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.

Коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждающей конструкции  $Y^{int}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), следует определять следующим образом:

- а) если первый (внутренний) слой ограждающей конструкции имеет тепловую инерцию  $D > 1$ , то

$$Y^{int} = s_1; \quad (2.5)$$

б) если  $D_1 + D_2 + \dots + D_{n-1} < 1$ , но  $D_1 + D_2 + \dots + D_n > 1$ , то коэффициент  $Y^{int}$  следует определять последовательно расчетом коэффициентов теплоусвоения внутренней поверхности слоев конструкции, начиная с  $(n - 1)$ -слоя до первого следующим образом:

- для  $(n - 1)$ -слоя по формуле

$$Y_{n-1} = (R_{n-1}s_{n-1}^2 + s_n) / (1 + R_{n-1}s_n); \quad (2.6)$$

- для  $i$ -го слоя ( $i = n-2, n-3, \dots, 1$ ) по формуле

$$Y_i = (R_i s_i^2 + Y_{i+1}) / (1 + R_i Y_{i+1}). \quad (2.7)$$

Коэффициент  $Y^{int}$  принимается равным коэффициенту теплоусвоения поверхности  $i$ -го слоя  $Y_i$ ;

- в) если для ограждающей конструкции, состоящей из  $n$ -слоев,

$D_1 + D_2 + \dots + D_n < 1$ , то коэффициент  $Y^{int}$  следует определять последовательно расчетом коэффициентов  $Y_n, Y_{n-1}, \dots, Y_1$ :

- для  $n$ -го слоя по формуле

$$Y_n = (R_n s_n^2 + \alpha_e) / (1 + R_n \alpha_e), \quad (2.8)$$

- для  $i$ -го слоя ( $i = n-2, n-3, \dots, 1$ ) по формуле (2.7);

г) для внутренних ограждающих конструкций величина  $Y^{int}$  определяется как для наружных ограждений, но принимается, что в середине ограждений  $s = 0$ . Для несимметричных ограждений их середину следует назначать по половине величины  $\sum D$  всего ограждения;

д) при наличии в ограждающей конструкции воздушной прослойки коэффициент теплоусвоения воздуха  $s$  в ней принимается равным нулю.

В формулах (2.5) — (2.8) и неравенствах:

$D_1, D_2, \dots, D_n$  — тепловая инерция соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го слоев конструкции, определяемая по формуле (47);

$R_1, \dots, R_{n-1}, R_n$  — термические сопротивления, м<sup>2</sup>·°C/Вт, соответственно  $i$ -го, ...,  $(n-1)$ -го и  $n$ -го слоев конструкции, определяемые по формуле  $R = \delta / \lambda$ ;

$s_1, \dots, s_i, \dots, s_{n-1}, s_n$  — расчетные коэффициенты теплоусвоения материала 1-го, ...,  $i$ -го, ...,  $(n-1)$ -го и  $n$ -го слоев конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$Y_{i+1}$  — коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности  $(i+1)$ -слоя конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\alpha_e$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), принимаемый по таблице 6\* СНиП II-3.

2.1.2. Коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждающей конструкции  $Y^{int}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), следует определять следующим образом:

- а) если первый (внутренний) слой ограждающей конструкции имеет тепловую инерцию  $D > 1$ , то

$$Y^{int} = s_1; \quad (2.9)$$

б) если  $D_1 + D_2 + \dots + D_{n-1} < 1$ , но  $D_1 + D_2 + \dots + D_n > 1$ , то коэффициент  $Y^{int}$  следует определять последовательно расчетом коэффициентов теплоусвоения внутренней поверхности слоев конструкции, начиная с  $(n - 1)$ -слоя до первого следующим образом:

- для  $(n - 1)$ -слоя по формуле

$$Y_{n-1} = (R_{n-1}s_{n-1}^2 + s_n) / (1 + R_{n-1}s_n); \quad (2.10)$$

- для  $i$ -го слоя ( $i = n-2, n-3, \dots, 1$ ) по формуле

$$Y_i = (R_i s_i^2 + Y_{i+1}) / (1 + R_i Y_{i+1}). \quad (2.11)$$

Коэффициент  $Y^{int}$  принимается равным коэффициенту теплоусвоения поверхности  $i$ -го слоя  $Y_i$ ;

- в) если для ограждающей конструкции, состоящей из  $n$ -слоев,

$D_1 + D_2 + \dots + D_n < 1$ , то коэффициент  $Y^{int}$  следует определять последовательно расчетом коэффициентов  $Y_n, Y_{n-1}, \dots, Y_1$ :

- для  $n$ -го слоя по формуле

$$Y_n = (R_n s_n^2 + \alpha_e) / (1 + R_n \alpha_e), \quad (2.11)$$

- для  $i$ -го слоя ( $i = n-2, n-3, \dots, 1$ ) по формуле (50);

г) для внутренних ограждающих конструкций величина  $Y^{int}$  определяется как для наружных ограждений, но принимается, что в середине ограждений  $s = 0$ . Для несимметричных ограждений их середину следует назначать по половине величины  $\sum D$  всего ограждения;

д) при наличии в ограждающей конструкции воздушной прослойки коэффициент теплоусвоения воздуха  $s$  в ней принимается равным нулю.

В формулах (2.9) — (2.11) и неравенствах:

$D_1, D_2, \dots, D_n$  — тепловая инерция соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го слоев конструкции, определяемая по формуле (2.4);

$R_i, \dots, R_{n-1}, R_n$  — термические сопротивления,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , соответственно  $i$ -го, ...,  $(n-1)$ -го и  $n$ -го слоев конструкции;

$s_1, \dots, s_i, \dots, s_{n-1}, s_n$  — расчетные коэффициенты теплоусвоения материала 1-го, ...,  $i$ -го, ...,  $(n-1)$ -го и  $n$ -го слоев конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$Y_{i+1}$  — коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности  $(i+1)$ -слоя конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$\alpha_e$  — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимаемый по таблице 6\* СНиП II-3.

### 2.1.3. Выбор типа теплоаккумулирующего прибора.

Выбор типа теплоаккумулирующего прибора по показателю затухания тепловой волны в нем  $v_c$  производится по графикам рисунков 1—3 для различных режимов его зарядки в зависимости от сочетания  $\Lambda / Y_n$  и  $Q_{p.c} / (\Lambda \Delta t^{des})$ , обеспечивая в левом секторе от кривых условие  $A_m^{des} \leq A_m^{req}$ .

Показатель теплоусвоения внутренних поверхностей помещения и теплоаккумулирующих слоев прибора  $Y_n$  и показатель интенсивности конвективного теплообмена в помещении  $\Lambda$  определяются соответственно по формулам:

$$Y_n = \sum_i A_i Y_i; \quad (2.12)$$

$$\Lambda = \sum_i \alpha_{sk}^i A_i, \quad (2.13)$$

где  $Y_i$  — коэффициент теплоусвоения  $i$ -ой поверхности помещения, определяемый согласно 10.2.3, и теплоаккумулирующего прибора,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , определяемый по формуле

$$Y_i = \left[ R_1 s_1^2 + R_2 s_2^2 (R_2 R_1 s_1^2 + 2) \right] / \left[ 1 + R_2 s_2^2 (R_2 + 2R_1) \right], \quad (2.14)$$

$R_1, R_2$  — термические сопротивления соответственно теплоизоляционного и теплоаккумулирующего слоев прибора,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;

$s_1, s_2$  — коэффициент теплоусвоения материалов соответственно теплоизоляционного и теплоаккумулирующего слоев прибора,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$\alpha_{sk}^i$  — коэффициент конвективного теплообмена  $i$ -й поверхности помещения и теплоаккумулирующего прибора с воздухом помещения,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимаемый равным для: наружного ограждения — 3,1; внутреннего ограждения — 1,2; окна — 4,1; пола — 1,5; потолка — 3,5; теплоаккумулирующего прибора — 5,6 при температуре его поверхности 95 °C и 3,3 - при 40 °C;

$A_i$  — площадь  $i$ -й поверхности помещения и теплоаккумулирующего прибора,  $\text{м}^2$ .

Мощность нагревательных элементов теплоаккумулирующего прибора  $Q_{p.c}$  вне пикового электроотопления определяется по формуле

$$Q_{p.c} = Q_{h.l}^{des} (24 / m), \quad (2.15)$$

где  $Q_{h.l}^{des}$  — расчетные теплотери помещения,  $\text{Вт}$ , определяемые по СНиП 2.04.05;

$m$  — продолжительность зарядки теплоаккумулирующего прибора, ч.

В случае когда электротеплоаккумуляционная система отопления частично покрывает теплотери здания и является базовой частью комбинированной системы отопления, установочную мощность

дополнительных постоянно работающих приборов системы отопления  $Q_b$  следует определять по формуле

$$Q_b = Q_{h,l}^{des} - Q_c, \quad (2.16)$$

где  $Q_{h,l}^{des}$  — то же, что и в 10.2.5;

$Q_c$  — расчетные теплотери помещения, Вт, при температуре наиболее холодной пятидневки на 5 °С выше указанной в СНиП 23-01.

Расчетную разность температур следует определять по формуле

$$\Delta t^{des} = t_{int}^{des} - t_{ext}^{des}, \quad (2.17)$$

где  $t_{int}^{des}$ ,  $t_{ext}^{des}$  — расчетные температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха, те же, что и в формуле (1) СНиП II-3.

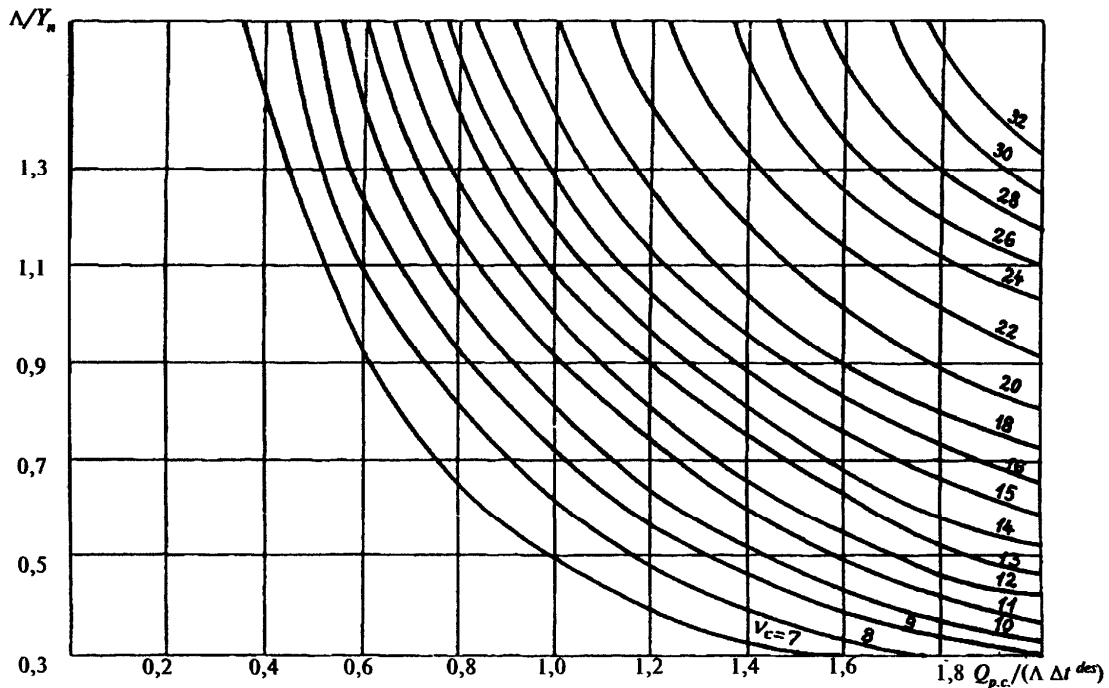


Рисунок 2.1 — График для подбора теплоаккумулирующих приборов (продолжительность  $m$  зарядки 8 ч)



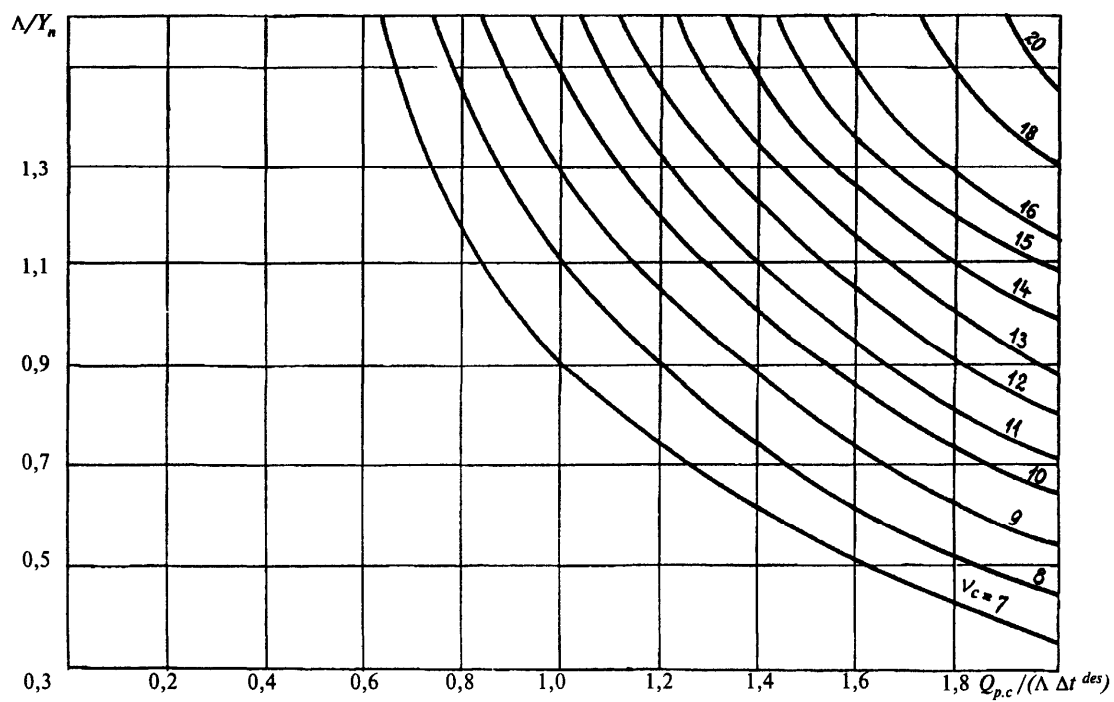


Рисунок 2.2 — График для подбора теплоаккумулирующих приборов  
(продолжительность  $t$  зарядки 8 ч + 2 ч дневной подзарядки)

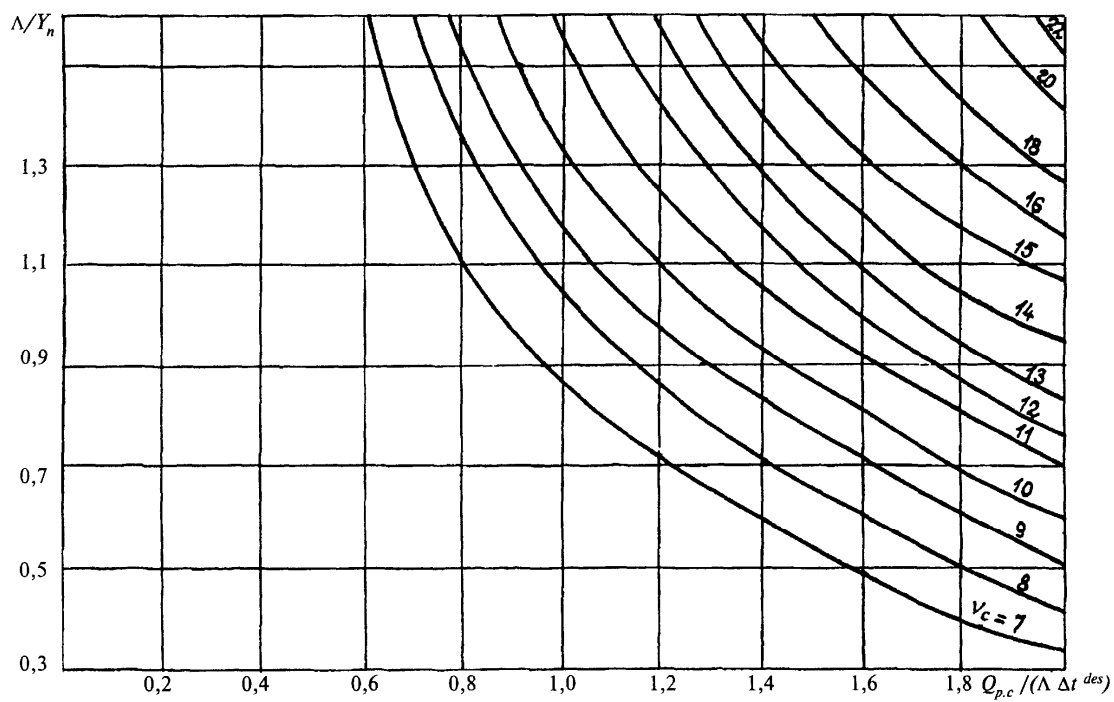


Рисунок 2.3 — График для подбора теплоаккумулирующих приборов  
(продолжительность  $t$  зарядки 6 ч + 2 ч дневной подзарядки)

## 2.2. ПРИМЕР РАСЧЕТА МОЩНОСТИ ТЕПЛОАККУМУЛЯЦИОННОГО ПРИБОРА

### 2.2.1. Исходные данные.

Определить мощность электротеплоаккумуляционного прибора, используемого для отопления помещения односемейного жилого дома, и определить тип электроаккумулирующего прибора. Расчетная температура наружного воздуха минус 22 °С. Расчетные теплотери помещения  $Q_{h,l}^{des} = 2500$  Вт. Показатели теплоустойчивости помещения следующие: показатель теплоусвоения поверхностей  $Y_n = 122,5$  Вт/°С, показатель интенсивности конвективного воздухообмена в помещении  $\Lambda = 98,8$  Вт/°С. Продолжительность зарядки теплоаккумулирующего прибора  $m = 8$  ч. Расчетную разность температур  $\Delta t^{des}$  определяют по формуле (57), равную  $20 - (-22) = 42$  °С. Рассчитать мощность теплоаккумуляционного и дополнительного приборов для случая комбинированной системы отопления, состоящей из базовой (вне пиковой) теплоаккумуляционной системы и дополнительной постоянно работающей системы.

### 2.2.2. Порядок расчета.

Мощность отопительного прибора определяется по формуле (2.12)

$$Q_{p.c} = 2500 (24/8) = 7500 \text{ Вт.}$$

Подбор типа прибора производим по графику на рисунке 2.1, предварительно определив  $\Lambda/Y_n = 98,8 / 122,5 = 0,81$  и  $Q_{p.c} / (\Lambda \Delta t^{des}) = 7500 / (98,8 \cdot 42) = 1,81$ . В результате следует выбрать теплоаккумулирующий прибор с показателем затухания  $v_c = 18$ .

Количество теплоты  $Q_{p.c}$ , поступающей от теплоаккумуляционного прибора базовой системы, рассчитывают согласно 2.13 при расчетной температуре минус  $(-22 + 5) = 17$  °С по формуле

$$Q_c = Q_{h,l}^{des} [t_{int} - (t_{ext} + 5)] / (t_{int} - t_{ext}) = 2500 (20 + 17) / (20 + 22) = 2202 \text{ Вт.}$$

Мощность дополнительного постоянно работающего прибора отопления  $Q_b$  определяют по формуле (2.14)

$$Q_b = 2500 - 2202 = 298 \text{ Вт.}$$

### 2.3. Задачи и упражнения.

Определить мощность электротеплоаккумуляционного прибора, используемого для отопления помещения односемейного жилого дома, и определить тип электроаккумулирующего прибора для объекта расположенного в городе N (исходные данные объекта см. прил. 1, 2, номер задания соответствует номеру в списке группы)

### 3. ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

#### 3.1. Общие требования к теплоустойчивости.

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

теплоустойчивость конструкции зависит от порядка расположения слоев материалов; величина затухания амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $v$  в двухслойной конструкции увеличивается, если более теплоустойчивый материал расположен изнутри;

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

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

требуемую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции

$A_{\tau_{int}}^{req}$ , °C, согласно формуле

$$A_{\tau_{int}}^{req} = 2,5 - 0,1(t_n - 21),$$

где  $t_n$  - среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °C,

величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $v$  в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, — по формуле

$$v = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(s_1 + \alpha_n)(s_2 + \gamma_1) \dots (s_n + \gamma_{n-1})(\alpha_n + \gamma_n)}{(s_1 + \gamma_1)(s_2 + \gamma_2) \dots (s_n + \gamma_n)\alpha_n}$$

а величину  $v$  для многослойной неоднородной ограждающей конструкции с теплопроводными включениями в виде обрамляющих ребер — в соответствии с ГОСТ 26253;

расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха  $A_{t_{ext}}^{cal}$ , °C, — по формуле

$$A_{t_{ext}}^{pac} = 0,5A_{t_{ext}} + \frac{r(l_{max} - l_{-p})}{a},$$

и амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции  $A_{\tau_{int}}$  — по формуле

$$A_{t_{\%o}} = \frac{A_{t_{ext}}^{pac}}{V}$$

Если  $A_{\tau_{int}} \leq A_{\tau_{int}}^{req}$ , то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости.

#### 3.2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД ГОДА

Определить, удовлетворяет ли требованиям в отношении теплоустойчивости трехслойная железобетонная панель с утеплителем из пенополистирола на гибких связях с габаритными параметрами:

Размер панели 6 x 2 м. Конструктивные и теплотехнические характеристики панели:

толщина стальных обшивок 0,001 м, коэффициент теплопроводности  $\lambda_t = 58$  Вт/(м · °C), толщина пенополистирольного утеплителя 0,2 м, коэффициент теплопроводности  $\lambda_{ins} = 0,04$  Вт/(м · °C).

Отбортовка листового материала вдоль протяженных сторон панели приводит к образованию теплопроводного включения типа Пб (приложение 5\* СНиП II-3), имеющего ширину  $a = 0,002$  м.

### 3.2.1 Исходные данные.

1. Район строительства — г. Ростов-на-Дону.
2. Среднемесячная температура наиболее жаркого месяца (июля) согласно СНиП 23-01  $t_{ext} = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
3. Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха согласно приложению Г  $A_{t,ext} = 20,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
4. Максимальное и среднее значение суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации для вертикальных поверхностей западной ориентации согласно приложению Ц  
 $I_{max} = 764\text{ Вт/м}^2$  и  $I_v = 184\text{ Вт/м}^2$ .
5. Расчетная скорость ветра согласно СНиП 23-01  $v = 3,6\text{ м/с}$ .
6. Теплотехнические характеристики материалов панели выбираются по условиям эксплуатации А согласно приложению Е:

для железобетонных слоев

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 1,92\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}, s_1 = s_3 = 17,98\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)};$$

для пенополистирола

$$\lambda_2 = 0,041\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}, s_2 = 0,41\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)};$$

### 3.2.2. Порядок расчета.

1. Термические сопротивления отдельных слоев стеновой панели:  
внутреннего железобетонного слоя  $R_1 = 0,1/1,92 = 0,052\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;  
слоя пенополистирола  $R_2 = 0,135/0,041 = 3,293\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;  
наружного железобетонного слоя  $R_3 = 0,065/1,92 = 0,034\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ .
2. Тепловая инерция каждого слоя и самой панели:  
наружного железобетонного  $D_1 = 0,052 \cdot 17,98 = 0,935 < 1$ ;  
пенополистирола  $D_2 = 3,293 \cdot 0,41 = 1,35$ ;  
внутреннего железобетонного  $D_3 = 0,034 \cdot 17,98 = 0,611$ ;  
всей панели  $\sum D_i = 0,935 + 1,35 + 0,611 = 2,896$ .  
Поскольку тепловая инерция стеновой панели  $D < 4$ , требуется расчет панели на теплоустойчивость.
3. Требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности  $A_{\tau_{int}}^{req}$  ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$A_{\tau_{int}}^{req} = 2,5 - 0,1(23 - 21) = 2,3\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности  $\alpha_e$  ограждающей конструкции по летним условиям определяется по формуле:

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

5. Расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха вычисляется по формуле:

$$A_{t_{ext}}^{des} = 0,5 \cdot 20,8 + [0,7(764 - 184)] / 27,8 = 25\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

6. Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя  $Y$  с тепловой инерцией  $D < 1$  определяется расчетом по формулам:

- а) для внутреннего железобетонного слоя

$$Y_1 = (R_1 s_1^2 + \alpha_i) / (1 + R_1 \alpha_i) = (0,052 \cdot 17,98^2 + 8,7) / (1 + 0,052 \cdot 8,7) = 17,6\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$$

- б) для среднего слоя из пенополистирола, имеющего  $D > 1$ , коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя принимается равным коэффициенту теплоусвоения материала  $Y_2 = s_2 = 0,41\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}$ ;

- в) для наружного железобетонного слоя

$$Y_3 = (R_3 s_3^2 + Y_2) / (1 + R_3 s_2) = (0,034 \cdot 17,98^2 + 0,41) / (1 + 0,034 \cdot 0,41) = 11,24\text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C)}.$$

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

$$\begin{aligned} v &= 0,9e^{D/\sqrt{2}} [(s_1 + \alpha_i)(s_2 + Y_1)(s_3 + Y_2)(\alpha_e + Y_3)] / [(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2)(s_3 + Y_3)\alpha_e] = \\ &= 0,9e^{2,896/\sqrt{2}} [(17,98 + 8,7)(0,41 + 17,6)(17,98 + 0,41)(27,8 + 11,24)] / \\ &\quad / [(17,98 + 17,6)(0,41 + 0,41)(17,98 + 11,24) 27,8] = 101,56. \end{aligned}$$

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

$$A_{\tau_{int}} = A_{t_{ext}}^{des} / \nu = 25 / 101,56 = 0,25 < A_{\tau_{int}}^{req} = 2,3 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

что отвечает требованиям норм.

### 3.3. Задачи и упражнения.

Определить, удовлетворяет ли требованиям в отношении теплоустойчивости трехслойная железобетонная панель с утеплителем из пенополистирола на гибких связях с габаритными параметрами (исходные данные объекта см. прил. 3 номер задания соответствует номеру в списке группы)

## 4. РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛЫХ ЧЕРДАКОВ.

### 4.1. Общие положения.

4.1.1 Требуемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия теплого чердака  $R_o^{g \cdot f}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , определяют по формуле

$$R_o^{g \cdot f} = n \cdot R_o^{req}, \quad (4.1)$$

где  $R_o^{req}$  — требуемое сопротивление теплопередаче покрытия здания, определяемое по таблице 16\* СНиП II-3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

$n$  — коэффициент, определяемый по формуле

$$n = (t_{int} - t_{int}^g) / (t_{int} - t_{ext}), \quad (4.2)$$

$t_{int}, t_{ext}$  — то же, что в формуле (1) СНиП II-3;

$t_{int}^g$  — расчетная температура воздуха в чердаке,  $^\circ\text{C}$ , равная не более плюс  $14^\circ\text{C}$  (плюс  $15^\circ\text{C}$  в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус  $31^\circ\text{C}$  и ниже) при расчетных условиях.

4.1.2 Проверяют условие  $\Delta t \leq \Delta t^n$  для перекрытия по формуле

$$\Delta t = (t_{int} - t_{int}^g) / (R_o^{g \cdot f} \cdot \alpha_i), \quad (4.3)$$

где  $t_{int}, t_{int}^g, R_o^{g \cdot f}$  — то же, что в 4.1;

$\alpha_i$  — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемый согласно таблице 4\* СНиП II-3;

$\Delta t^n$  — нормативный температурный перепад, принимаемый согласно таблице 2\* СНиП II-3, равным  $3^\circ\text{C}$ .

Если условие  $\Delta t \leq \Delta t^n$  не выполняется, то следует увеличить сопротивление теплопередаче перекрытия  $R_o^{g \cdot f}$  до значения, обеспечивающего это условие.

4.1.3 Требуемое сопротивление теплопередаче покрытия чердака  $R_o^{g \cdot c}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , определяют по формуле

$$R_o^{g \cdot c} = (t_{int}^g - t_{ext}) / \left[ 0,28 G_{ven} c (t_{ven} - t_{int}^g) + (t_{int} - t_{int}^g) / R_o^{g \cdot f} + \left( \sum_{i=1}^n q_{pi} l_{pi} \right) / A_{g \cdot f} - (t_{int}^g - t_{ext}) \cdot a_{g \cdot w} / R_o^{g \cdot w} \right], \quad (4.4)$$

где  $t_{int}, t_{ext}, t_{int}^g$  — то же, что в 4.1;

$G_{ven}$  — приведенный (отнесенный к  $1 \text{ м}^2$  пола чердака) расход воздуха в системе вентиляции,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , определяемый по таблице 6;

Таблица 4.1.

Этажность здания	Приведенный расход воздуха, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , при наличии в квартирах	
	газовых плит	электроплит
5	12	9,6
9	19,2	15,6
12	25,2	20,4
16	32,4	26,4
22	—	35,2
25	—	39,5

$c$  — удельная теплоемкость воздуха, равная  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$t_{ven}$  — температура воздуха, выходящего из вентиляционных каналов,  $^\circ\text{C}$ , принимаемая равной  $t_{ini} + 1,5$ ;

$R_o^{g \cdot f}$  — требуемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия теплого чердака,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , устанавливаемое согласно 4.1;

$q_{pi}$  — линейная плотность теплового потока через поверхность теплоизоляции, приходящаяся на  $1 \text{ м}$  длины трубопровода  $i$ -го диаметра с учетом теплопотерь

через изолированные опоры, фланцевые соединения и арматуру, Вт/м; принимается по СНиП 2.04.14; для чердаков и подвалов значения  $q_{pi}$  приведены в таблице 4.2;

$l_{pi}$  — длина трубопровода  $i$ -го диаметра, м, принимается по проекту;

$a_{g.w}$  — приведенная (отнесенная к 1 м<sup>2</sup> пола чердака) площадь наружных стен теплого чердака, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, определяемая по формуле

$$a_{g.w} = A_{g.w} / A_{g.f}, \quad (4.5)$$

$A_{g.w}$  — площадь наружных стен чердака, м<sup>2</sup>;

$A_{g.f}$  — площадь перекрытия теплого чердака, м<sup>2</sup>;

$R_o^{g.w}$  — требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака, м<sup>2</sup>·°C/Вт, определяемое согласно 4.1.4.

Таблица 4.2

Условный диаметр трубопровода, мм	Средняя температура теплоносителя, °C				
	60	70	95	105	125
	Линейная плотность теплового потока $q_{pi}$ , Вт/м				
10	7,7	9,4	13,6	15,1	18
15	9,1	11	15,8	17,8	21,6
20	10,6	12,7	18,1	20,4	25,2
25	12	14,4	20,4	22,8	27,6
32	13,3	15,8	22,2	24,7	30
40	14,6	17,3	23,9	26,6	32,4
50	14,9	17,7	25	28	34,2
70	17	20,3	28,3	31,7	38,4
80	19,2	22,8	31,8	35,4	42,6
100	20,9	25	35,2	39,2	47,4
125	24,7	29	39,8	44,2	52,8
150	27,6	32,4	44,4	49,1	58,2

4.1.4 Требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен теплого чердака  $R_o^{g.w}$  м<sup>2</sup>·°C/Вт, определяют согласно таблице 16\* СНиП II-3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства при расчетной температуре воздуха в чердаке  $t_{int}^g$ .

4.1.5 Проверяют наружные ограждающие конструкции на невыпадение конденсата на их внутренних поверхностях. Температуру внутренней поверхности стен  $\tau_{si}^{g.w}$ , перекрытий  $\tau_{si}^{g.f}$  и покрытий  $\tau_{si}^{g.c}$  чердака следует определять по формуле

$$\tau_{si} = t_{int}^g - \left( (t_{int}^g - t_{ext}) / R_o \alpha_i^g \right), \quad (4.6)$$

где  $t_{int}^g$ ,  $t_{ext}$  — то же, что в 6.2.1;

$\alpha_i^g$  — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности наружного ограждения теплого чердака, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), принимаемый: для стен — 8,7; для покрытий 9-этажных домов — 9,9; 12-этажных — 10,5; 16-этажных — 12 Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$R_o$  — требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен  $R_o^{g.w}$ , перекрытий  $R_o^{g.f}$  и покрытий  $R_o^{g.c}$  теплого чердака, м<sup>2</sup>·°C/Вт.

Температура точки росы  $t_d$  рассчитывается следующим образом:

- определяется влагосодержание воздуха чердака  $f_g$  по формуле

$$f_g = f_{ext} + \Delta f, \quad (4.7)$$

где  $f_{ext}$  — влагосодержание наружного воздуха, г/м<sup>3</sup>, при расчетной температуре  $t_{ext}$  определяется по формуле

$$f_{ext} = 0,794 \cdot e_{ext} / (1 + t_{ext} / 273), \quad (4.8)$$

$\Delta f$  — приращение влагосодержания за счет поступления влаги с воздухом из вентиляционных каналов, г/м<sup>3</sup>, принимается: для домов с газовыми плитами — 4,0 г/м<sup>3</sup>, для домов с электроплитами — 3,6 г/м<sup>3</sup>;

- рассчитывается упругость водяного пара воздуха в теплом чердаке  $e_g$ , гПа, по формуле

$$e_g = f_g \left( 1 + t_{int}^g / 273 \right) / 0,794, \quad (4.9)$$

- по таблицам максимальной упругости водяного пара согласно приложению М определяется

температура точки росы  $t_d$  по значению  $E = e_g$ .

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

## 4.2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОГО ЧЕРДАКА

### 4.2.1. 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.

Площади покрытия (кровли) над теплым чердаком  $A_{g.c} = 252,8$  м<sup>2</sup>, перекрытия теплового чердака  $A_{g.f} = 252,8$  м<sup>2</sup>, наружных стен теплового чердака  $A_{g.w} = 109,6$  м<sup>2</sup>. Приведенную площадь определяем по формуле (28)  $a_{g.w} = 109,6 / 252,8 = 0,4335$ .

Сопrotивление теплопередаче стен  $R_o^{g.w} = 1,8$  м<sup>2</sup>·°С/Вт.

В теплом чердаке размещена верхняя разводка труб систем 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.

### 4.2.2. Порядок расчета

1. Согласно табл. 16 СНиП II-3 требуемое сопротивление теплопередаче покрытия жилого здания  $R_o^{req}$  для  $D_d = 4943$  °С·сут равно 4,67 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Определим согласно 4.1.1 величину требуемого сопротивления теплопередаче перекрытия теплового чердака  $R_o^{g.f}$  по формуле (4.1), предварительно вычислив коэффициент  $n$  по формуле (4.2), приняв температуру воздуха в теплом чердаке  $t_{int}^g = 14$  °С.

$$n = \left( t_{int} - t_{int}^g \right) / \left( t_{int} - t_{ext} \right) = (20 - 14) / (20 + 28) = 0,125.$$

$$\text{Тогда } R_o^{g.f} = n R_o^{req} = 0,125 \cdot 4,67 = 0,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}.$$

Проверим согласно 6.2.2 выполнение условия  $\Delta t \leq \Delta t^n$  для потолков помещений последнего этажа при  $\Delta t^n = 3$  °С

$$\Delta t = \left( t_{int} - t_{int}^g \right) / \left( R_o^{g.f} \alpha_i \right) = (20 - 14) / (0,58 \cdot 8,7) = 1,2 \text{ °С} < \Delta t^n$$

2. Вычислим согласно 4.2.3 величину сопротивления теплопередаче перекрытия чердака  $R_o^{g.c}$ , предварительно определив следующие величины:  
сопротивление теплопередаче наружных стен чердака из условия невыпадения конденсата равно 1,8 м<sup>2</sup>·°С/Вт;



приведенный расход воздуха в системе вентиляции определяют по таблице 4.1:

$G_{ven} = 26,4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  — для 17-этажного дома с электроплитами.

Приведенные тепlopоступления от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения определяют на основе исходных данных для труб и соответствующих значений  $q_{pi}$  по таблице 4.2:

$$\left( \sum_{i=1}^n q_{pi} l_{pi} \right) / A_{g.f} = (31,8 \cdot 15 + 25 \cdot 17 + 22,2 \cdot 19,3 + 20,4 \cdot 27,4 + 18,1 \cdot 6,3 + \\ + 19,2 \cdot 3,5 + 14,9 \cdot 16 + 13,3 \cdot 12,4 + 12 \cdot 6) / 252,8 = 10,07 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

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

$$R_o^{g.c} = (14 + 28) / [0,28 \cdot 26,4 (21,5 - 14) + (20 - 14) / 0,58 + 10,07 - (14 + 28) \cdot 0,4335 / 1,8] = \\ = 42 / 65,74 = 0,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

3. Проверим наружные ограждающие конструкции чердака на условие невыпадения конденсата на их внутренней поверхности. С этой целью рассчитывают согласно 4.1.5 температуры на внутренней поверхности покрытия  $\tau_{si}^{g.c}$  и стен  $\tau_{si}^{g.w}$  чердака по формуле (4.6);

$$\tau_{si}^{g.c} = 14 - [(14 + 28) / (12 \cdot 0,64)] = 8,53 \text{ °C};$$

$$\tau_{si}^{g.w} = 14 - [(14 + 28) / (8,7 \cdot 1,8)] = 11,32 \text{ °C}.$$

Определим температуру точки росы  $t_d$  воздуха в чердаке.

Средняя упругость водяного пара за январь для Москвы равна  $e_n = 2,8 \text{ гПа}$ . Влагосодержание наружного воздуха  $f_{ext}$  определяют по формуле (30)

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

Влагосодержание воздуха теплого чердака  $f_g$  определяют по формуле (4.7) для домов с электроплитами

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

Упругость водяного пара воздуха в чердаке  $e_g$  определяют по формуле (4.9)

$$e_g = 6,078 (1 + 14 / 273) / 0,794 = 8,047 \text{ гПа}.$$

По приложению Л находим температуру точки росы  $t_d = 3,8 \text{ °C}$ , что значительно меньше минимальной температуры поверхности (в данном случае покрытия)  $8,53 \text{ °C}$ . Следовательно, конденсат на покрытии и стенах чердака выпадать не будет.

Суммарное сопротивление теплопередаче горизонтальных ограждений теплого чердака составляет  $R_o^{g.c} + R_o^{g.f} = 0,64 + 0,58 = 1,22 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  при требуемом согласно СНиП II-3 сопротивлении теплопередаче обычного покрытия здания  $R_o^{req} = 4,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Таким образом, II-3, обеспечивается не только ограждениями (стенами, перекрытиями и покрытиями), а и за счет тепlopотерь трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения и утилизации теплоты внутреннего воздуха, удаляемого из квартир при естественной вентиляции.

### 4.3. Задачи и упражнения.

Определить, обеспечивается ли теплoзащита, эквивалентная требованию СНиП в теплом чердаке (исходные данные объекта см. прил. 4 номер задания соответствует номеру в списке группы)

## 5. РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ «ТЕПЛЫХ» ПОДВАЛОВ

### 5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

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

Расчет ограждающих конструкций таких подвалов следует выполнять в приведенной в 5.1.2 — 5.1.6 последовательности.

5.1.2 Требуемое сопротивление теплопередаче  $R_o^{b.w}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , части цокольной стены, расположенной выше уровня грунта, определяют по таблице 16\* СНиП II-3. При этом в качестве расчетной температуры внутреннего воздуха принимают расчетную температуру воздуха в подвале  $t_{int}^b$ ,  $^\circ\text{C}$ , равную не менее плюс 2  $^\circ\text{C}$  при расчетных условиях.

5.1.3 Определяют приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o^{r.s}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , 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  $\lambda \geq 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ , приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o^{r.s}$  определяют по таблице 8 в зависимости от суммарной длины  $l$ , м, включающей ширину подвала и две высоты части наружных стен, заглубленных в грунт.

Таблица 5.1. — Приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o^{r.s}$  для ограждений подвала, заглубленных в грунт

$l$ , м	4	8	10	12	14	16
$R_o^{r.s}$ , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	2,15	2,86	3,31	3,69	4,13	4,52

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

5.1.4 Требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над «теплым» подвалом  $R_o^{b.c}$ ,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , определяют по формуле

$$R_o^{b.c} = n R_o^{req}, \quad (5.1)$$

где  $R_o^{req}$  — требуемое сопротивление теплопередаче перекрытий над подвалами, определяемое по таблице 16\* СНиП II-3 в зависимости от градусо-суток отопительного периода климатического района строительства;

$n$  — коэффициент, определяемый по формуле

$$n = (t_{int} - t_{int}^b) / (t_{int} - t_{ext}), \quad (5.2)$$

$t_{int}$ ,  $t_{ext}$  — то же что в 5.1.1;

$t_{int}^b$  — то же, что в 5.1.2.

6.3.5 Температуру воздуха в подвале  $t_{int}^b$ ,  $^\circ\text{C}$ , определяют по формуле

$$t_{int}^b = \left[ t_{int} A_b / R_o^{b.c} + \sum_{i=1}^n (q_{pi} l_{pi}) + 0,28 V_b n_a c p t_{ext} + t_{ext} A_s / R_o^{r.s} + t_{ext} A_{b.w} / R_o^{b.w} \right] / \left[ A_b / R_o^{b.c} + 0,28 V_b n_a c p + A_s / R_o^{r.s} + A_{b.w} / R_o^{b.w} \right] \quad (5.3)$$

где  $t_{int}$  — расчетная температура воздуха в помещении над подвалом,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{ext}$ ,  $q_{pi}$ ,  $l_{pi}$ ,  $c$  — то же, что в формуле (26);

$A_b$  — площадь подвала (цокольного перекрытия),  $\text{м}^2$ ;

$R_o^{b.c}$  — требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , устанавливаемое согласно 5.1.4;

$V_b$  — объем воздуха, заполняющего пространство подвала,  $\text{м}^3$ ;

$n_a$  — кратность воздухообмена в подвале,  $\text{ч}^{-1}$ : при прокладке в подвале газовых труб  $n_a = 1 \text{ ч}^{-1}$ , в остальных случаях  $n_a = 0,5 \text{ ч}^{-1}$ ;

$\rho$  — плотность воздуха в подвале,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , принимаемая равной  $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$A_s$  — площадь пола и стен подвала, контактирующих с грунтом,  $\text{м}^2$ ;  
 $R_o^{r.s}$  — то же, что в 5.1.3;  
 $A_{b.w}$  — площадь наружных стен подвала над уровнем земли,  $\text{м}^2$ ;  
 $R_o^{b.w}$  — то же, что в 5.1.2.

Если  $t_{int}^b$  отличается от первоначально заданной температуры, расчет повторяют по 5.1.3 — 5.1.5 до получения равенства величин в предыдущем и последующем шагах.

5.1.6 Проверяют по формуле  $R_o^{mp} = \frac{n(t_e - t_n)}{\Delta t^n a_e}$  полученное расчетом требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия на удовлетворение требования по нормативному температурному перепаду для пола первого этажа, равному  $\Delta t^n = 2^\circ\text{C}$ .

## 5.2. Теплотехнический расчет «теплого» подвала

### 5.2.1. Исходные данные

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

Место строительства — Москва,  $t_{ext} = -28^\circ\text{C}$ ;  $D_d = 4943^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ .

Площадь цокольного перекрытия (над подвалом)  $A_b = 281 \text{ м}^2$ .

Ширина подвала — 13,8 м; площадь пола подвала —  $281 \text{ м}^2$ .

Высота наружной стены подвала, заглубленной в грунт, — 1,04 м. Площадь наружных стен подвала, заглубленных в грунт, —  $48,9 \text{ м}^2$ .

Суммарная длина  $l$  поперечного сечения ограждений подвала, заглубленных в грунт,

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

Высота наружной стены подвала над уровнем земли — 1,2 м.

Площадь наружных стен над уровнем земли  $A_{b.w} = 53,3 \text{ м}^2$ .

Объем подвала  $V_b = 646 \text{ м}^3$ .

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

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

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

Длина трубопроводов горячего водоснабжения составляет:

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

Труб систем газораспределения в подвале нет, поэтому кратность воздухообмена в подвале  $n_a = 0,5 \text{ ч}^{-1}$ .

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

### 5.1.3. Порядок расчета.

1. Сопротивление теплопередаче наружных стен подвала над уровнем земли принимают согласно 5.1.2 равным сопротивлению теплопередаче наружных стен  $R_o^{b.w} = 3,13 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

2. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций заглубленной части подвала определим согласно 5.1.3 как для стен и полов на грунте, состоящих из термического сопротивления стены, равного  $3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , и участков пола подвала. Сопротивление теплопередаче участков пола подвала (начиная от стены до середины подвала) 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 подвала длиной 1 м будет равна  $1,04 \text{ м}^2$  (стены, контактирующей с грунтом),  $1 \text{ м}^2$ ,  $2 \text{ м}^2$ ,  $2 \text{ м}^2$ ,  $1,9 \text{ м}^2$ .

Таким образом сопротивление теплопередаче заглубленной части стен подвала равно:

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

Вычислим приведенное сопротивление теплопередаче ограждений заглубленной части подвала  $R_o^s = 7,94 / (1,04/5,1 + 1/2,1 + 2/4,3 + 2/8,6 + 1,9/14,2) = 5,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$

3. Согласно таблице 16 СНиП II-3 требуемое сопротивление теплопередаче перекрытия над подвалом жилого здания  $R_o^{req}$  для  $D_d = 4943 \text{ °C} \cdot \text{сут}$  равно  $4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$

Согласно 5.1.4 определим значение требуемого сопротивления теплопередаче цокольного перекрытия над «теплым» подвалом  $R_o^{b.c}$  по формуле

$$R_o^{b.c} = n R_o^{req}$$

где  $n$  — коэффициент, определяемый при принятой минимальной температуре воздуха в подвале  $t_{int}^b = 2 \text{ °C}$

$$n = (t_{int} - t_{int}^b) / (t_{int} - t_{ext}) = (20 - 2) / (20 + 28) = 0,375.$$

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

4. Определим температуру воздуха в подвале  $t_{int}^b$  согласно 5.1.5.

Предварительно определим значение членов формулы (5.3), касающихся тепловыделений от труб систем отопления и горячего водоснабжения, используя данные таблицы 4.2

$$\sum_{i=1}^n (q_{pi} l_{pi}) = 22,8 \cdot 3,5 + 2,03 \cdot 10,5 + 17,7 \cdot 11,5 + 17,3 \cdot 4 + \\ + 15,8 \cdot 17 + 14,4 \cdot 14,5 + 12,7 \cdot 6,3 + 14,6 \cdot 47 + 12 \cdot 22 = 2073 \text{ Вт}.$$

Рассчитаем значение температуры  $t_{int}^b$  из уравнения теплового баланса при назначенной температуре подвала  $2 \text{ °C}$

$$t_{int}^b = [(20 \cdot 281/1,55 + 2073 - 0,28 \cdot 646 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 28 - 28 \cdot 329,9/5,25 - 28 \cdot 53,3/3,13)] / \\ / (281/1,55 + 0,28 \cdot 646 \cdot 0,5 \cdot 1,2 + 329,9/5,25 + 53,3/3,13) = 423,8 / 369,7 = 1,15 \text{ °C}.$$

Тепловой поток через цокольное перекрытие составил

$$q^{b.c} = (20 - 1,15) / 1,55 = 12,2 \text{ Вт/м}^2.$$

5. Проверим, удовлетворяет ли теплозащита перекрытия над подвалом требованию нормативного перепада  $\Delta t^n = 2 \text{ °C}$  для пола первого этажа.

По формуле (1) СНиП II-3 определим требуемое сопротивление теплопередаче

$$R_o^{req} = (20 - 2) / (2 \cdot 8,7) = 1,03 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} < R_o^{b.c} = 1,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче цокольного перекрытия над «теплым» подвалом составляет  $1,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  при требуемом согласно СНиП II-3 сопротивлении теплопередаче перекрытий над подвалами  $4,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$  Таким образом, в «теплом» подвале эквивалентная требованиям СНиП II-3 теплозащита обеспечивается не только ограждениями (стенами и полом) подвала, но и за счет утилизации теплоты от трубопроводов систем отопления и горячего водоснабжения.

### 5.3. Задачи и упражнения.

Определить, удовлетворяет ли теплозащита перекрытия над подвалом требованию нормативного перепада  $\Delta t^n = 2 \text{ °C}$  для пола первого этажа (исходные данные объекта см. прил. 4 номер задания соответствует номеру в списке группы)

## 6. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСТЕКЛЕННЫХ ЛОДЖИЙ И БАЛКОНОВ

### 6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

6.1.1 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 согласно 6.1.2 на основе решения уравнения теплового баланса остекленной лоджии или балкона (далее — лоджии)

$$(t_{int} - t_{bal}) \sum_{i=1}^n (A_i^+ / R_{oi}^+) = (t_{bal} - t_{ext}) \sum_{j=1}^m (A_j^- / R_{oj}^-), \quad (6.1)$$

где  $t_{int}$  — расчетная температура внутреннего воздуха помещения, °С, принимаемая согласно ГОСТ 30494 и нормам проектирования соответствующих зданий;

$t_{ext}$  — расчетная температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП 23-01;

$t_{bal}$  — температура воздуха пространства остекленной лоджии, °С;

$A_i^+$ ,  $R_{oi}^+$  — соответственно площадь, м<sup>2</sup>, и приведенное сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·°С/Вт,  $i$ -го участка ограждения между помещением здания и лоджией;

$n$  — число участков ограждений между помещением здания и лоджией;

$A_j^-$ ,  $R_{oj}^-$  — соответственно площадь, м<sup>2</sup>, и приведенное сопротивление теплопередаче, м<sup>2</sup>·°С/Вт,  $j$ -го участка ограждения между лоджией и наружным воздухом;

$m$  — число участков ограждений между лоджией и наружным воздухом.

6.1.2 Температуру воздуха внутри остекленной лоджии  $t_{bal}$  следует определять из уравнения теплового баланса по формуле

$$t_{bal} = \left[ t_{int} \sum_{i=1}^n (A_i^+ / R_{oi}^+) + t_{ext} \sum_{j=1}^m (A_j^- / R_{oj}^-) \right] / \left[ \sum_{i=1}^n (A_i^+ / R_{oi}^+) + \sum_{j=1}^m (A_j^- / R_{oj}^-) \right] \quad (6.2)$$

6.1.3 Приведенное сопротивление теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленной лоджии, разделяющих внутреннюю и наружную среды: стен  $R_{ow}^{bal}$  и окон  $R_{of}^{bal}$  следует определять по формулам:

$$R_{ow}^{bal} = R_{ow}^r / n; R_{of}^{bal} = R_{of}^r / n, \quad (6.3)$$

где  $R_{ow}^r$  — приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены в пределах остекленной лоджии, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$R_{of}^r$  — приведенное сопротивление теплопередаче заполнений оконных проемов и проемов лоджии, расположенных в наружной стене в пределах остекленной лоджии, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$n$  — коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждающих конструкций здания по отношению к наружному воздуху, для наружных стен и окон остекленной лоджии следует принимать по формуле

$$n = (t_{int} - t_{bal}) / (t_{int} - t_{ext}). \quad (6.4)$$

### 6.2. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ УЧАСТКОВ СТЕН, РАСПОЛОЖЕННЫХ ЗА ОСТЕКЛЕННЫМИ ЛОДЖИЯМИ И БАЛКОНАМИ

#### 6.2.1. Исходные данные

Девятиэтажное жилое здание со стенами из пористого силикатного кирпича толщиной 770 мм ( $R_{ow}^r = 1,45$  м<sup>2</sup>·°С/Вт), построено в г. Ярославле ( $t_{ext} = -31$  °С). Балконы и лоджии остеклены однослойным остеклением ( $R_{of} = 0,18$  м<sup>2</sup>·°С/Вт), нижняя часть утеплена ( $R_{ow} = 0,81$  м<sup>2</sup>·°С/Вт). В наружных стенах в зоне остекленных балконов светопроемы заполнены оконными и дверными блоками с двухслойным остеклением в отдельных переплетах ( $R_{of}^r = 0,44$  м<sup>2</sup>·°С/Вт). Наружный торец балкона имеет стенку из силикатного кирпича толщиной 380 мм ( $R_{ow} = 0,6$  м<sup>2</sup>·°С/Вт). Температура внутреннего воздуха  $t_{int} = 21$  °С. Определить приведенное сопротивление теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленного балкона.

### 6.2.2. Порядок расчета.

Согласно геометрическим показателям ограждений остекленного балкона, представленным на рисунке 6.1, определены площади отдельных видов ограждений.

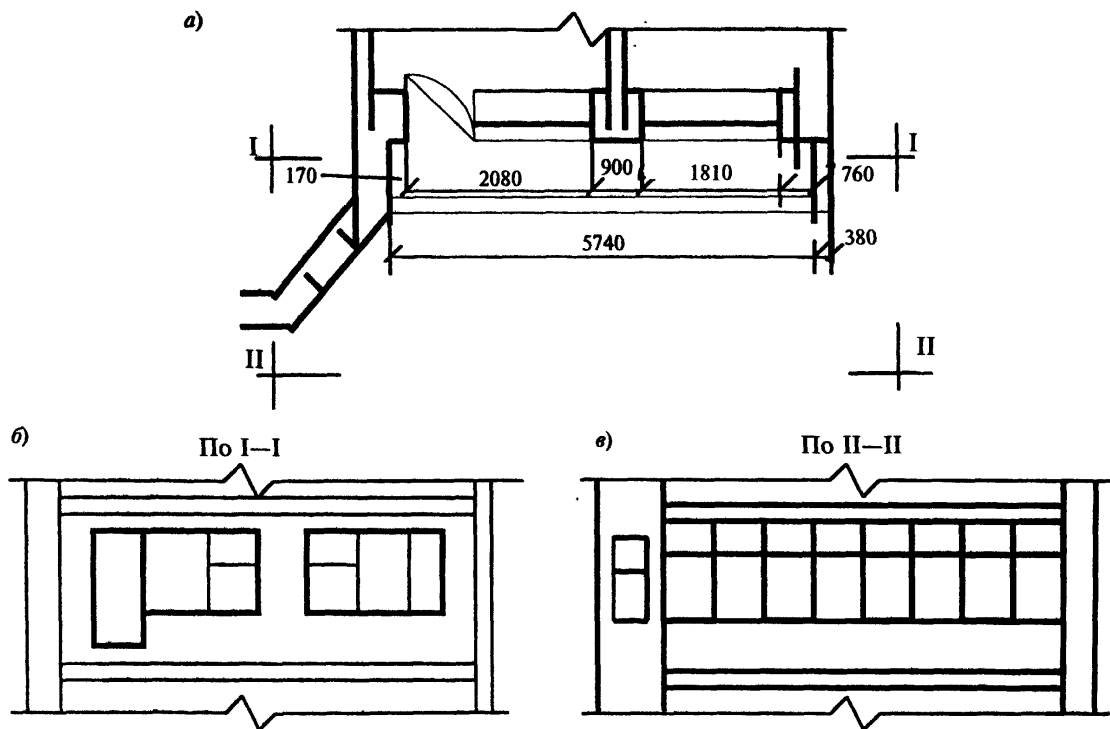


Рисунок 6.1 — План (а), разрез (б) по сечению I-I и фасад (в) по сечению II-II плана остекленного балкона многоэтажного жилого здания

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

Определим температуру воздуха на балконе  $t_{bal}$  при расчетных температурных условиях по формуле (6.2)

$$t_{bal} = [21 (15/1,45 + 6,5/0,44) - 31(10,33/18 + 6,9/0,81 + 3,24/0,60)] / (15/1,45 + 6,5/0,44 + 10,33/0,18 + 6,9/0,81 + 3,24/0,6) = -1683,06 / 96,425 = -17,45 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По формуле (6.4) определим коэффициент  $n$

$$n = (21 + 17,45) / (21 + 31) = 0,739.$$

По формуле (6.3) получим уточненные значения приведенного сопротивления теплопередаче стен  $R_{ow}^{bal}$  и заполнений светопроемов  $R_{oF}^{bal}$  учетом остекления балкона:

$$R_{ow}^{bal} = 1,45 / 0,739 = 1,96 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт};$$

$$R_{oF}^{bal} = 0,44 / 0,739 = 0,595 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

### 6.3. Задачи и упражнения.

Определить приведенное сопротивление теплопередаче системы ограждающих конструкций остекленного балкона. (исходные данные объекта см. прил. 4 номер задания соответствует номеру в списке

группы).

## 7. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПОЛОВ.

### 7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

7.1.1 Теплоусвоение поверхности полов зданий должно соответствовать требованиям СНиП II-3 и определяется следующим образом:

показатель теплоусвоения поверхности пола  $Y_f$  находят по 4.2\* СНиП II-3;

если расчетная величина  $Y_f$  показателя теплоусвоения поверхности пола окажется не более нормативной величины  $Y_f^{req}$ , установленной в таблице II\* СНиП II-3, то этот пол удовлетворяет требованиям в отношении теплоусвоения;

если  $Y_f > Y_f^{req}$ , то следует взять другую конструкцию пола или изменить толщину некоторых его слоев до удовлетворения требования  $Y_f \leq Y_f^{req}$ .

7.1.2 Теплотехническая характеристика пола в местах отдыха животных при содержании их без подстилки определяется вычисляемым в соответствии с требованиями 4.2\* СНиП II-3 показателем теплоусвоения поверхности пола  $Y_f$ , который должен быть не более нормативной величины, принимаемой равной: для крупного рогатого скота молочного направления и молодняка до четырехмесячного возраста (крупного рогатого скота и свиней) — 12,5 Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

для откормочных животных с четырехмесячного возраста: свиней — 17 Вт/(м<sup>2</sup>·°C) и крупного рогатого скота — 15 Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

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

### 7.2. ПРИМЕР ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПОЛА

#### 7.2.1. Исходные данные

Определить, удовлетворяет ли в отношении теплоусвоения требованиям СНиП II-3 конструкция пола жилого здания из поливинилхлоридного линолеума на теплозвукоизолирующей подоснове из стеклянного волокна, наклеенного холодной битумной мастикой на железобетонную плиту перекрытия. Теплотехнические характеристики отдельных слоев конструкции пола (при их нумерации сверху вниз) даны в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Номер слоя	Материал	Толщина слоя $\delta$ , м	Плотность материала в сухом состоянии $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициенты при условиях эксплуатации А		Термическое сопротивление $R$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт
				теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°C)	теплоусвоения $s$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	
1	Лицевой слой из линолеума	0,0015	1600	0,33	7,52	0,0045
2	Подоснова	0,002	150	0,047	0,92	0,043
3	Битумная мастика	0,001	1000	0,17	4,56	0,0059
4	Плита перекрытия	0,14	2400	1,74	16,77	0,08

#### 7.2. Порядок расчета

Определим тепловую инерцию слоев пола по формуле

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n, \quad (7.1)$$

$$D_1 = R_1 s_1 = 0,0045 \cdot 7,52 = 0,034;$$

$$D_2 = R_2 s_2 = 0,043 \cdot 0,92 = 0,04;$$

$$D_3 = R_3 s_3 = 0,0059 \cdot 4,56 = 0,027;$$

$$D_4 = R_4 s_4 = 0,08 \cdot 16,77 = 1,34.$$



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

$$Y_n = \frac{2R_n s_n^2 + s_{n+1}}{0,5 + R_n s_{n+1}} \quad (7.2) \quad \text{и} \quad Y_i = \frac{4R_i s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i Y_{i+1}} \quad (7.3)$$

начиная с третьего

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

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

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

Значение показателя теплоусвоения поверхности пола для жилых зданий по таблице 11\* СНиП II-3 не должно превышать  $Y_n^H = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , а расчетное значение показателя теплоусвоения данной конструкции  $Y_n = 13,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Следовательно, рассматриваемая конструкция пола в отношении теплоусвоения не удовлетворяет требованиям СНиП II-3. Определим показатель теплоусвоения поверхности данной конструкции пола в том случае, если по плите перекрытия будет устроена стяжка из шлакопемзобетона ( $\delta = 0,02 \text{ м}$ ,  $\rho_0 = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\lambda = 0,37 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $s = 5,83 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $R = 0,054 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $D = 0,315$ ). Конструкция пола в этом случае будет состоять из пяти слоев.

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

Определим показатель теплоусвоения поверхности четвертого, третьего, второго и первого слоев пола по формулам (7.2) и (7.3) СНиП II-3:

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

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

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

$$Y_1 = Y_n = \frac{(4R_1 s_1^2 + Y_2)}{(1 + R_1 Y_2)} = (4 \cdot 0,0045 \cdot 7,52^2 + 8,78) / (1 + 0,0045 \cdot 8,78) = 9,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Таким образом, устройство по плите перекрытия стяжки из шлакопемзобетона ( $\rho_0 = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) толщиной 20 мм уменьшило значение показателя теплоусвоения поверхности пола с 13,2 до 9,4  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Следовательно, эта конструкция пола в отношении теплоусвоения удовлетворяет нормативным требованиям, так как значение показателя теплоусвоения поверхности не превышает  $Y_n^H = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  нормируемого показателя теплоусвоения пола для жилых зданий.

### 7.3. Задачи и упражнения.

Определить, удовлетворяет ли нормативным требованиям конструкция пола в отношении теплоусвоения (исходные данные объекта см. прил. 7 номер задания соответствует номеру в списке группы)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.

### *Основная литература.*

1. Каменев П.Н. Вентиляция: учебник для вузов / П.Н. Каменев, Е.И. Тертичник. — М.: АСВ, 2008.— 616 с.: ил.— Библиогр. в конце кн.— ISBN 978-5-93093-436-6 (в пер.).
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: учебник для вузов / В.Н.Богословский. — 3-е изд. — СПб. : Авок Северо-Запад, 2006. — 400с. — (Инженерные системы зданий). — Библиогр. В конце кн. — ISBN 5-902146-10-0/в пер./: 180.00.
3. Ананьев В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика / В. А. Ананьев, Л. Н. Балыева, В. П. Мурашко .— Новая ред. — М. : Евроклимат, 2008 .— 504 с. : ил. — (Библиотека климатехника) .— Авт. указ. на обороте тит. л. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-94836-171-0 (впер.) : 1275.00.
4. Гримитлин А.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры в инженерном оборудовании зданий: учеб. пособие / Гримитлин А.М., Иванов О.П., Пухкал В.А. — СПб. : АВОК Северо-Запад, 2006. — 210с. : ил. + 1 опт. диск (CD ROM). — (Учебная библиотека АВОК Северо-Запад). — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-902146-09-0 /в пер./: 140.00.

### *Дополнительна литература*

1. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности : учеб. пособие для вузов / Е.А. Штокман [и др.]; под ред. Е.А. Штокмана. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: АСВ, 2007.- 632с.:ил.— Библиогр. в начале кн.— ISBN 978-5-93093-522-6.
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие для вузов / Б.М. Хрусталева [и др.]; под. общ. ред. Б.М. Хрусталева. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: АСВ, 2008. — 784 с. : ил. — На обл. и корешке указ. Три авт. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-93093-394-9 (в пер.) : 627, 00.
3. Полушкин В.И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учеб. Пособие. Ч.1. Теоретические основы создания микроклимата в помещении / В.И. Полушкин, О.Н. Русак, С.И. Бурцев и др. — СПб.: Профессия, 2002. — 176с.: ил. — (Специалист). — Библиогр. В конце кн. — ISBN 5-93913-031-3 /в пер./ : 145.48.

### *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) (модуля)*

1. Электронный читальный зал “БИБЛИОТЕХ” : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.- Загл. С экрана
2. ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий.-Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>, по паролю.- .- Загл. с экрана
3. Научная Электронная Библиотека eLibrary– библиотека электронной периодики, режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.
4. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/> ,свободный.- Загл. с экрана.
5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://window.edu.ru.> - Загл. с экрана.