

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| 1 Исходные данные для проектирования здания | 4 |
| 2 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций зданий | 7 |
| 2.1 Теплотехнический расчёт конструкции наружной стены | 8 |
| 2.2 Теплотехнический расчёт конструкции чердачного (без чердачного) перекрытия | 12 |
| 2.3 Теплотехнический расчёт конструкции пола первого этажа над неотапливаемым подвалом | 17 |
| 2.4 Выбор вида конструкции оконных проёмов и входных наружных дверей | 21 |
| 2.5 Теплотехнический расчёт внутренних конструкций (внутренней перегородки и междуэтажного перекрытия) | 23 |
| 2.6 Определение приведённого сопротивления теплопередаче | 24 |
| 2.7 Расчёт воздухопроницаемости ограждающих конструкций | 28 |
| 2.8 Расчёт паропроницаемости ограждающих конструкций | 31 |
| 2.9 Определение теплоустойчивости помещения | 35 |
| 2.10 Определение условий теплового комфорта в помещении с греющей потолочной панелью | 40 |
| Список использованных источников | 43 |

МИВУ 08.03.01.005

Изм. Лист
Разраб.
Провер.
Н. Контр.
Утверд.

| № докум. | Подпись | Дата | | Лит. | Лист | Листов |
|----------|---------|------|---------------------------|------|---------|--------|
| | | | Основы обеспечения | | | |
| | | | микроклимата зданий | | 2 | 43 |
| | | | Вариант 5 | | СТЗ-117 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Введение

Целями и задачами курсовой работы являются определение параметров наружного и внутреннего микроклимата, определение коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций, расчет теплопотерь через ограждения, расчет инфильтрационных теплопотерь, расчет поступлений теплоты и влаги, углекислого газа от людей, поступлений теплоты от отопительных приборов, освещения, солнечной радиации и расчет воздухообмена здания.

| | | | | | | |
|-------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------------------------|------------|
| | | | | | <i>МИРУ 08.03.01.005</i> | <i>Лис</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дат</i> | | 3 |

1 Исходные данные для проектирования здания

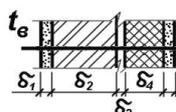
Вариант 5

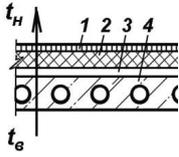
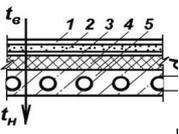
Район проектирования здания – Котлас (Архангельская область)

Таблица 1.1 - Климатические данные района проектирования здания

| Наименование параметра | Величина |
|--|------------|
| Температура наиболее холодной пятидневки при $\kappa = 0,92, t_n, ^\circ\text{C}$ | -24 |
| Средняя температура отопительного периода, $t_{om}, ^\circ\text{C}$ | -2,5 |
| Продолжительность отопительного периода, $z_{om}, ^\circ\text{C}$ | 190 |
| Скорость ветра за январь, $v, \text{ м/с}$ | 3,3 |
| Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, $e'_n, \text{ Па}$ | 6,0 |
| Средняя месячная относительная влажность наружного воздуха, $\phi_n \%$ | 82 |
| Зона влажности | нормальная |

Таблица 1.2 – Теплотехнические данные ограждающих конструкций здания

| Вид ограждения | Конструкция | Номер и наименование слоя материала ограждения | Толщина слоя, $\delta, \text{ м}$ | | | | | Расчётные коэффициенты | | |
|----------------|---|--|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|---|--|-------------------------|
| | | | δ_1 | Δ_2 | Δ_3 | Δ_4 | Δ_5 | теплопроводности $\lambda, \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$ | теплоусвоения $s, \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ | паропроницаемости μ |
| Наружная стена |  | 1,5 – отделочный слой 2 – кирпичная | 0,0 | 0,3 | 0,0 | - | 0, | 0,11 | 2,95 | 0,19 |
| | | | 1 | 80 | 04 | | 01 | 0,7 | 9,2 | 0,11 |

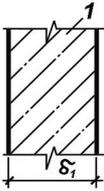
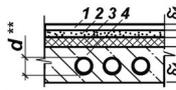
| | | | | | | | | | | |
|---|---|--|-----------|----------|-----------|----------|----------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | 0,17 | 4,56 | 0,008 |
| | | | | | | | | 0,045 | 0,74 | 0,3 |
| | | кладка 3 – клеящий слой 4 – утепляющий слой | | | | | | 0,11 | 2,95 | 0,19 |
| Чердачное (бесчерда чное) покрытие |  | 1 – армированная стяж- ка | 0.0 40 | - | 0.0 03 | 0. 13 | 0.7 | 8.69 | 0.12 | |
| | | 2 – утепляющий слой | | | | | 0.042 | 0.53 | 0.32 | |
| | | 3 – пароизоляцио нный слой | | | | | 0.050 | 0.47 | 0.001 | |
| | | 4 – ж/б плита d=0.10 1-202 2-26 3-222 4-200 | | | | | 1.92 | 17.98 | 0.03 | |
| | | | | | | | | | | |
| Пол первого этажа |  | 1 – паркет по масти- ке | 0.0 1 | 0.0 2 | 0.0 03 | - | 0. 13 | 0.18 | 5.0 | 0.05 |
| | | 2 – стяжка | | | | | | 0.7 | 8.69 | 0.12 |
| | | 3 – пароизоляцио нный слой | | | | | | 0.050 | 0.47 | 0.001 |
| | | 4 – теплоизоляци он- ный слой | | | | | | 0.17 | 2.62 | 0.23 |
| | | 5 – ж/б плита d=0.1 1-193 2-202 3-222 4-73 5-200 | | | | | | 1.92 | 17.98 | 0.03 |

| | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат |
|------|-----|----------|---------|-----|

МИРУ 08.03.01.005

Лис

5

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|--|------|---|-----|---|-----|------|-------|-------|-------|
| Внутренняя перегородка |  | <p>1 – бетонная конструкция с поверхностям и под покраску или клею обоями</p> <p>1-169</p> | 0,12 | | | | | 0,43 | 6,49 | 0,11 | |
| Межэтажное перекрытие |  | <p>1 – покрытие пола</p> <p>2 – стяжка</p> <p>3 – теплозвукоизоляция</p> <p>4 – ж/б плита</p> <p>1-225</p> <p>2-201</p> <p>3-30</p> <p>4-199</p> | 0,0 | 1 | 0,0 | 2 | 0,0 | 5 | 0,38 | 8,56 | 0,002 |
| | | | | | | | | | 0,76 | 9,6 | 0,09 |
| | | | | | | | | | 0,046 | 0,51 | 0,5 |
| | | | | | | | | | 1,92 | 17,98 | 0,03 |

2 Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций зданий

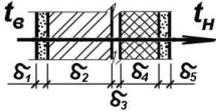
Целью расчёта является определение толщины утепляющего слоя с последующей её проверкой на требуемые теплозащитные свойства, нормы паро- воздухопроницания, а также обеспечения требуемой теплоустойчивости. Передача теплоты, фильтрация воздуха и перенос влаги взаимосвязаны и одно явление оказывает влияние на другое, поэтому определение сопротивлений тепло-, воздухо- и влагопередаче должно проводиться как общий расчёт защитных свойств наружных ограждений зданий. Теплозащитные свойства наружных ограждений определяются двумя показателями: величиной сопротивления теплопередаче, R_0 , и теплоустойчивостью, которую оценивают по величине тепловой инерции ограждения, D . Величина R_0 определяет сопротивление ограждения передаче теплоты в стационарных условиях, а теплоустойчивость характеризует сопротивляемость ограждения передаче изменяющихся во времени периодических тепловых воздействий. В зимних условиях теплозащитные свойства ограждений принято характеризовать величиной R_0 , а в летних – их теплоустойчивостью.

Наиболее важным является определение расчётного сопротивления теплопередаче R_0 основной части (глади) конструкции ограждения, с чего обычно и начинают теплотехнический расчёт ограждения. R_0 следует принимать не менее требуемых значений, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий, $R^{\text{норм}}_0$, и условий энергосбережения, $R^{\text{тп}}_0$. Величина R_0 должна быть равна большему из значений $R^{\text{норм}}_0$ и $R^{\text{тп}}_0$.

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | <i>МИРУ 08.03.01.005</i> | Лис |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | 7 |

2.1 Теплотехнический расчёт конструкции наружной стены

Таблица 2.1 – Характеристика ограждающей конструкции здания (наружная стена)

| Вид ограждения | Конструкция | Номер и наименование слоя материала ограждения | Толщина слоя, δ , м | | | | | Расчётные коэффициенты | | |
|----------------|---|--|----------------------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------------------|--|---------------------------------------|
| | | | δ_1 | Δ_2 | Δ_3 | Δ_4 | Δ_5 | теплопроводности λ , Вт/м °С | теплоусвоения s , Вт/м ² · °С | паропроницаемости μ , мг/(м ч Па) |
| Наружная стена |  | 1,5 – отделочный слой | | | | | | 0,11 | 2,95 | 0,19 |
| | | 2 – кирпичная кладка | | | | | | 0,7 | 9,2 | 0,11 |
| | | 3 – клеящий слой | 0,01 | 0,380 | 0,004 | - | 0,01 | 0,17 | 4,56 | 0,008 |
| | | 4 – утепляющий слой | | | | | | 0,045 | 0,74 | 0,3 |
| | | 5-203 | | | | | | 0,11 | 2,95 | 0,19 |

Определить нормируемое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{норм}}$, м² · °С/Вт по санитарно-гигиеническим и комфортным условиям:

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{n \cdot (t_n - t_v)}{\alpha_n \cdot \Delta t_n}$$

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{1,0 \cdot (20 - (-24))}{4,0 \cdot 6,73} = 1,63 (\text{м}^2 \cdot \text{°С}) / \text{Вт}$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху по приложению 4 данных методических указаний;

t_v – расчётная температура внутреннего воздуха, принять по [6 или 7,

| | | | | | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|--|--|--|--|-----|
| | | | | | | | | | | Лис |
| | | | | | | | | | | 8 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | <i>МИРУ 08.03.01.005</i> | | | | | |

табл. 1] равной 20 °С;

t_n – расчётная температура наружного воздуха, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки при $k = 0,92$ по [4, табл.1];

Δt – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, принимаемый по [5, табл. 5];

α_v – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по [5, табл. 4], Вт/м² · °С.

Определить требуемое сопротивление теплопередаче по условиям энергосбережения $R_{т0}$ в зависимости от назначения здания и величины градусосутки отопительного периода по [5, табл.3]. Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) следует определять по формуле

$$ГСОП = (t_n - t_{от.п.}) \cdot z_{от.пер}$$
$$ГСОП = (20 - (-2,5)) \cdot 190 = 4275 \text{град} \cdot \text{сут.}$$

где t_n – то же, что в формуле;

$t_{от.п.,зот.пер.}$ – соответственно средняя температура, °С, и продолжительность, сут., отопительного периода, принимаются по [4, табл.1].

Определить сопротивление теплопередаче ограждения, R_0 , м² · °С/Вт, из условия $R_0 = R_0^{норм}$ или $R_0 = R_0^{мп}$ (приравниваем к большему значению).

Определяем $R_{тр}$ из условий энергосбережения по формуле

$$R_{тр} = a \cdot ГСОП + b,$$

Из СНИП 23-02-99* выписываем параметры а и в.

$$A=0,00035$$

$$b=1,4$$

$$R_{мп}^0 = 0,00035 \cdot 4275 + 1,4 = 2,89 \left(\frac{M^2}{Вт} \right)$$

Определяем коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции по формуле:

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | 9 |

$$k=1/ R_{тр} \text{ (Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C).)}$$

$$k_{нс} = 1/2,89 = 0,34 \text{ Вт/(м}^2\cdot^{\circ}\text{C).}$$

Определить толщину слоя утеплителя ограждающей конструкции, $\delta_{ут}$, м, исходя из формулы:

$$R_0 = R_B + \sum R_i + R_H$$

где R_B и R_H – сопротивления теплоотдачи, соответственно, внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$, определяемые по формуле:

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B}$$

$$R_H = \frac{1}{\alpha_Y}$$

$$R_B = \frac{1}{2,95} = 0,33$$

$$R_H = \frac{1}{2,95} = 0,33$$

где α_B - то же, что и в формуле (1);

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$, принимаемый по [5, табл.6];

$\sum R^i$ – сумма термических сопротивлений слоёв ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$, определяемых по формуле

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

$$R_1 = \frac{0,01}{0,11} = 0,09 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{0,38}{0,7} = 0,54 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{0,04}{0,17} = 0,23 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_5 = \frac{0,01}{0,11} = 0,09 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}$$

где δ_i - толщина слоя, м;

λ_i -расчётный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт/м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, принимаемый по [5, табл. Т.1].

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| | | | | | | 10 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | |

Определяем термическое сопротивление теплоизоляционного слоя

$$R_0^{yt} = 2,89 - 0,33 - (0,06 + 0,54 + 0,23 + 0,09) - 0,33 = 1,31 \text{ [(м}^2 \cdot \text{°C)/Вт]}$$

Определяем его толщину:

$$h^{yt} = R_0^{yt} \cdot h^{yt}$$

$$h^{yt} = R_0^{yt} \cdot h^{yt} = 1,31 \cdot 0,045 = 0,058 \text{ [м]}$$

Принимаем $h^{yt} = 100 \text{ [мм]}$

Используя формулы запишем следующее выражение для определения сопротивления теплопередаче наружной стены:

$$R_2 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,1}{0,045} = 2,22 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Определим термическое сопротивление:

$$R_k = 0,06 + 0,54 + 0,23 + 2,22 + 0,09 = 3,14 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$R_0 = 3,14 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_0^{tp} = 2,89 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ - условие удовлетворяется.

Определить фактическое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, R_0^ϕ , $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, с учётом принятой фактической толщины утепляющего слоя по формуле

$$R_0^\phi = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{ym}^\phi}{\lambda_{ym}} + \dots + \frac{1}{\alpha_n}$$

$$R_0^\phi = \frac{1}{2,95} + \frac{0,01}{0,11} + \frac{0,38}{0,7} + \frac{0,04}{0,17} + \frac{0,1}{0,045} + \frac{0,01}{0,11} + \frac{1}{2,95} = 3,15 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Определить значение коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции, K , $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$, по формуле

$$K = \frac{1}{R_0^\phi}$$

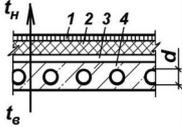
$$K = \frac{1}{3,15} = 0,317 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Необходимо обратить внимание, что в дальнейших расчётах под величиной сопротивления теплопередаче наружной стены следует понимать его фактическое значение, R_0^ϕ .

2.2 Теплотехнический расчёт конструкции чердачного (бесчердачного) перекрытия

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | 11 |

Таблица 2.2 – Характеристика ограждающей конструкции здания (чердачного перекрытия)

| Вид ограждения | Конструкция | Номер и наименование слоя материала ограждения | Толщина слоя, δ , м | | | | | Расчётные коэффициенты | | |
|-----------------------------------|---|--|----------------------------|------------|------------|------------|------------|--|--|---------------------------------------|
| | | | δ_1 | Δ_2 | Δ_3 | Δ_4 | Δ_5 | теплопроводности λ , Вт/м $^{\circ}$ С | теплоусвоения s , Вт/м $^2 \cdot ^{\circ}$ С | паропроницаемости μ , мг/(м ч Па) |
| Чердачное (бесчердачное) покрытие |  | 1 – армированная стяжка | 0.040 | - | 0.03 | 0.1 3 | 0.7 | 8.69 | 0.12 | |
| | | 2 – утепляющий слой | | | | | 0.042 | 0.53 | 0.32 | |
| | | 3 – пароизоляционный слой | | | | | 0.050 | 0.47 | 0.001 | |
| | | 4 – ж/б плита $d=0.10$ 1-202 2-26 3-222 4-200 | | | | | 1.92 | 17.98 | 0.03 | |

Теплотехнический расчет пустотной плиты перекрытия_

n – количество воздушных пустот;
 m – количество железобетонных участков между воздушными пустотами.

Количество участков n и m принять самостоятельно из расчёта стандартной ширины панели равной 1195 мм.

Принимаем:

$$n=11 \quad m=12$$

$$F_I = 0,08 \cdot 1 \cdot 11 = 0,88$$

$$F_{II} = 0,03 \cdot 1 \cdot 12 = 0,36$$

R_I – термическое сопротивление неоднородного участка железобетонной конструкции по сечению I-I определяется по формуле, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$

$$R_I = \frac{v}{\lambda_{ж.б.}} + R_{в.п.} + \frac{v}{\lambda_{ж.б.}}$$

где $R_{в.п.}$ – термическое сопротивление воздушной прослойки, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$,

v – размер принять согласно рисунка 1, м;

$\lambda_{ж.б.}$ – коэффициент теплопроводности железобетонной конструкции чердачного перекрытия, $m \cdot ^\circ C / Вт$.

$$R_I = \frac{0,04}{1,92} + 0,2382 + \frac{0,04}{1,92} = 0,26 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right)$$

R_{II} – термическое сопротивление однородного участка железобетонной конструкции по сечению II-II определяется по формуле, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$

$$R_{II} = \frac{\delta}{\lambda_{ж.б.}}$$

$$R_{II} = \frac{0,13}{1,92} = 0,07 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right)$$

$$R_a = \frac{0,88 + 0,36}{\frac{0,88}{0,26} + \frac{0,36}{0,07}} = 0,13 \left(\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт} \right)$$

Термическое сопротивление железобетонной плиты относительно перпендикулярных сечений, R_b , $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$, определяется по формуле

$$R_b = R_{III} + R_{IV} + R_V$$

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| | | | | | | 14 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | |

где $R_{III} = R_V$ – термическое сопротивление однородного участка железобетонной конструкции, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$$R_{III} = R_V = \frac{e}{\lambda_{\text{жб}}}$$

$$R_{III} = R_V = \frac{0,03}{1,92} = 0,01 \left(\frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right)$$

R_{IV} – термическое сопротивление неоднородного участка железобетонной конструкции, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

$$R_{IV} = \frac{F_I + F_{II}}{\frac{F_I}{R_{\text{в.п.}}} + \frac{F_{II}}{a/\lambda_{\text{жб}}}}$$

$$R_{IV} = \frac{0,88 + 0,36}{\frac{0,88}{0,2382} + \frac{0,36}{0,07/1,92}} = 0,08 \left(\frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right)$$

$$R_{\text{б}} = 0,01 + 0,08 + 0,01 = 0,1 \left(\frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \right)$$

Величина R_a может превышать величину $R_{\text{б}}$ не более, чем на 25%.

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{1,0 \cdot (20 - (-24))}{4,0 \cdot 6,73} = 1,63 \left(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \right) / \text{Вт}$$

$$ГСОИ = (20 - (-2,5)) \cdot 190 = 4275 \text{град} \cdot \text{сут.}$$

Определяем $R_0^{\text{тп}}$ из условий электроснабжения интерполяцией (по справочной таблице СНиП 23-02-2003):

$$R_0^{\text{тп}} = 3,7 + (4,6 - 3,7) \cdot (4275 - 4000) / (6000 - 4000) = 4,13 \left[(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт} \right]$$

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{17,98} = 0,05$$

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{8,69} = 0,11$$

$$R_1 = \frac{0,05}{0,7} = 0,07 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{0,003}{0,05} = 0,06 \frac{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$$

Определяем термическое сопротивление теплоизоляционного слоя

$$R_0^{\text{ут}} = 4,13 - 0,05 - (0,07 + 0,06 + 0,1) - 0,11 = 3,77 \left[(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт} \right]$$

Определяем его толщину:

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| | | | | | | 15 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | |

$$h^{yt} = R_0^{yt} * h^{yt}$$

$$h^{yt} = R_0^{yt} * h^{yt} = 4,13 * 0,042 = 0,158 [м]$$

Принимаем $h^{yt} = 160 [мм]$

Определяем суммарную толщину чердачного перекрытия:

$$H = 0,04 + 0,160 + 0,03 + 0,13 = 0,36 [м].$$

Определяется фактическое термическое сопротивление R_0^{ϕ} по формуле:

$$R_0^{\phi} = 1/8,69 + 0,04/0,7 + 0,16/0,042 + 0,03/0,05 + 0,1 + 1/17,98 = 4,21 [(м^2 * °C)/Вт]$$

$$R_0^{\phi} \geq R_0$$

$$4,21 \geq 4,13 \text{ (условие выполняется)}$$

Определяется коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции:

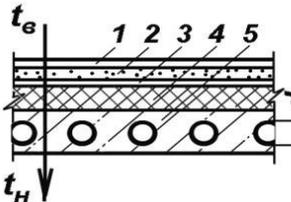
$$k = 1/R_0^{\phi} = 1/4,21 = 0,23 [Вт/(м^2 * °C)].$$

| | | | | | | |
|-------------|------------|-----------------|----------------|------------|--------------------------|------------|
| | | | | | <i>МИРУ 08.03.01.005</i> | <i>Лис</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лис</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дат</i> | | 16 |

2.3 Теплотехнический расчёт конструкции пола первого этажа над неотапливаемым подвалом

Порядок теплотехнического расчёта пола первого этажа аналогичен теплотехническому расчёту чердачного перекрытия.

Таблица 2.3 – Характеристика ограждающей конструкции здания (пол первого этажа)

| Вид ограждения | Конструкция | Номер и наименование слоя материала ограждения | Толщина слоя, δ, м | | | | | Расчётные коэффициенты | | |
|-------------------|---|--|--------------------|------|-------|----|------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | | δ1 | Δ2 | Δ3 | Δ4 | Δ5 | теплопроводности λ, Вт/м·°С | теплоусвоения s, Вт/м²·°С | паропроницаемости μ, мг/(м·ч·Па) |
| Пол первого этажа |  | 1 – паркет по мастику | | | | | | 0,18 | 4,54 | 0,06 |
| | | 2 – стяжка | | | | | | | | |
| | | 3 – пароизоляции | | | | | | | | |
| | | 4 – теплоизоляционный слой | 0,01 | 0,02 | 0,003 | - | 0,13 | 0,27 | 6,8 | 0,008 |
| | | 5 – ж/б плита | | | | | | 0,05 | 0,57 | 0,5 |
| | | 1-193 2-202 3-222 4-73 5-200 | | | | | 1,86 | 17,88 | 0,03 | |

Теплотехнический расчет пустотной плиты перекрытия

$$a = \sqrt{\pi \cdot R^2}$$

$$c = \frac{1}{3} \cdot a$$

$$a = \sqrt{\pi \cdot \left(\frac{0,09}{2}\right)^2} = 0,08 \text{ м}$$

$$c = \frac{1}{3} \cdot 0,08 = 0,026 \approx 0,03 \text{ м}$$

Определить термическое сопротивление

$$R_{\text{ж/б}} = \frac{R_a + 2 \cdot R_{\text{в}}}{3}$$

$$R_a = \frac{\frac{F_I + F_{II}}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}}}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}}}$$

где F_I , F_{II} – площади отдельных участков ж/б конструкции, м^2

$$F_I = a \cdot l \cdot n$$

$$F_{II} = c \cdot l \cdot m$$

где l – длина участка железобетонной плиты, $l = 1 \text{ м}$; a ,

c – размеры принять согласно рисунка 1, м ;

n – количество воздушных пустот;

m – количество железобетонных участков между воздушными пустотами.

Количество участков n и m принять самостоятельно из расчёта стандартной ширины панели равной 1195 мм . $n=10$ $m=11$

$$F_I = 0,08 \cdot 1 \cdot 10 = 0,8$$

$$F_{II} = 0,03 \cdot 1 \cdot 11 = 0,33$$

R_I – термическое сопротивление неоднородного участка железобетонной конструкции по сечению I-I определяется по формуле, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

$$R_I = \frac{b}{\lambda_{\text{жб}}} + R_{\text{вп}} + \frac{b}{\lambda_{\text{жб}}}$$

где $R_{\text{в.п.}}$ – термическое сопротивление воздушной прослойки, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяется по [5, табл. Е.1 или 6, табл. 7] $R_{\text{в.п.}} = 0,2382$ [$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$];

b – размер принять согласно рисунка 1, м ;

$\lambda_{\text{ж.б.}}$ – коэффициент теплопроводности железобетонной конструкции чердачного перекрытия приведён в таблице 2 данных методических указаний, $\text{м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| | | | | | | 18 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | |

$$R_f = \frac{0,025}{1,86} + 0,2382 + \frac{0,025}{1,86} = 0,265 \left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

R_{II} – термическое сопротивление однородного участка железобетонной конструкции по сечению II-II определяется по формуле, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$

$$R_{II} = \frac{\delta}{\lambda_{жсб}}$$

$$R_{II} = \frac{0,13}{1,86} = 0,07 \left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

$$R_a = \frac{0,8 + 0,33}{\frac{0,8}{0,265} + \frac{0,33}{0,07}} = 0,14 \left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

$$R_b = R_{III} + R_{IV} + R_V$$

где $R_{III} = R_V$ – термическое сопротивление однородного участка железобетонной конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$;

$$R_{III} = R_V = \frac{e}{\lambda_{жсб}}$$

$$R_{III} = R_V = \frac{0,025}{1,86} = 0,013 \left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

R_{IV} - термическое сопротивление неоднородного участка железобетонной конструкции, $m^2 \cdot ^\circ C / Bm$

$$R_{IV} = \frac{\frac{F_I + F_{II}}{R_{a.л.}} + \frac{a}{\lambda_{жсб}}}{\frac{F_I + F_{II}}{R_{a.л.}} + \frac{a}{\lambda_{жсб}}}$$

$$R_{IV} = \frac{0,8 + 0,33}{\frac{0,8}{0,2382} + \frac{0,33}{0,08 / 1,86}} = 0,10 \left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

$$R_b = 0,013 + 0,10 + 0,013 = 0,126 \left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

Величина R_a может превышать величину R_b не более, чем на 25%.

$$R_0^{norm} = \frac{1,0 \cdot (20 - (-24))}{4,0 \cdot 6,73} = 1,63 \left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right)$$

$$ГСОИ = (20 - (-2,5)) \cdot 190 = 4275 \text{град} \cdot \text{сут.}$$

$$R_0^{TP} = 3,7 + (4,6 - 3,7) \cdot (4275 - 4000) / (6000 - 4000) = 4,13 \left[\left(\frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm} \right) \right]$$

$$R_H = \frac{1}{17,88} = 0,05$$

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | 19 |

ограждения (таблица 5 СНиП 23-02-2003);

$$R_{тр} = (1,0 * (20 + 24)) / (4,0 * 6,73) = 1,63 \text{ (м}^2 * \text{°C) / Вт.}$$

$$R_{мп}^д = 0,8 * 1,63 = 1,3 \frac{\text{м}^2}{\text{Вт}}$$

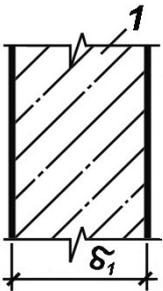
$$K_{двери} = 1 / 1,3 = 0,76 \text{ Вт / (м}^2 * \text{°C).}$$

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | <i>МИРУ 08.03.01.005</i> | Лис |
| | | | | | | 22 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | |

2.5 Теплотехнический расчёт внутренних конструкций (внутренней перегородки и междуэтажного перекрытия)

Слои, составляющие конструкцию внутренней стены представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Слои внутренней стены

| Вид ограждения | Конструкция | Номер и наименование слоя материала ограждения | Толщина слоя, δ , м | | | | | Расчётные коэффициенты | | |
|------------------------|--|---|----------------------------|------------|------------|------------|------------|--|--|--|
| | | | δ_1 | Δ_2 | Δ_3 | Δ_4 | Δ_5 | теплопроводности λ , Вт /м °С | теплоусвоения s , Вт /м ² · °С | паропроницаемости μ , мг / (м ч Па) |
| Внутренняя перегородка |  | 1 – бетонная конструкция с поверхностями под покраску или клейку обоями 1-105 | 0,12 | | | | | 0,43 | 6,49 | 0,11 |

Определяем термическое сопротивление теплоизоляционного слоя по формуле:

$$R_0^{\phi} = 0,12 / 0,43 = 0,27 \text{ [(м}^2 \cdot \text{°С) / Вт]}$$

$$k = 1 / 0,27 = 3,7 \text{ [Вт / (м}^2 \cdot \text{°С)].}$$

l_i - протяжённость участков конструкции наружной стены, сопряжённых с наружным углом, стыками, оконными откосами, м;

α_f - ширина участка поверхности наружной стены с двумерным температурным полем, равная двум калибрам (толщинам наружной стены), м

$$\alpha_f = 2 \cdot \lambda \cdot R_0$$

где λ - коэффициент теплопроводности теплоизоляционного слоя конструкции наружной стены, Вт/м² °С;

$$\alpha_f = 2 \cdot 0,031 \cdot 1,8 = 0,1$$

Ширина α_f в два калибра для оконных откосов

$$\alpha_f = 2 \cdot \lambda \cdot R'_0$$

где R'_0 - сопротивление теплопередаче части ограждения до изотермы t_0 (рис. 3).

Сопротивление теплопередаче части ограждения до изотермы t_0

$$R'_0 = \frac{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta}{\lambda}}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{\Delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n}} \cdot R_0$$

где δ - расстояние от внутренней поверхности ограждения до оси расположения заполнения проёма, м, определяемая в соответствии с рис. 3;

Δ - общая толщина ограждающей конструкции наружной стены, м, определяемая в соответствии с рис. 3;

$\delta_{\text{зап}}$ - ширина коробки заполнения оконного переплёта (для однокамерных стеклопакетов $\delta_{\text{зап}} = 125$ мм; для двухкамерных стеклопакетов $\delta_{\text{зап}} = 150$ мм).

$$R'_0 = \frac{\frac{1}{2,95} + \frac{0,15}{0,031}}{\frac{1}{2,95} + \frac{0,48}{0,031} + \frac{1}{2,95}} \cdot 3,15 = 1,34$$

| | | | | | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|-------------------|--|--|--|--|-----|
| | | | | | | | | | | Лис |
| | | | | | | | | | | 25 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | МИРУ 08.03.01.005 | | | | | |

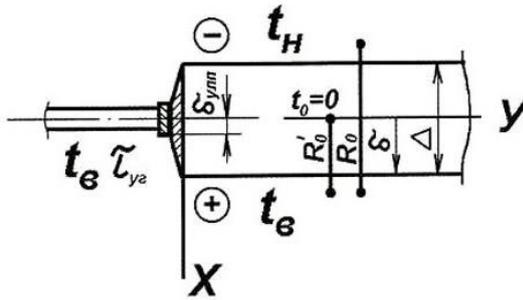


Рисунок 2.3 - Теплопередача через оконный откос в наружной стене
 Данные расчёта занести в таблицу 2.9.

Таблица 2.9

| Наименование элемента с двумерным температурным полем | l_i м | α_f | f_i | f_{i-1} |
|--|---------|------------|-------|-----------|
| 1. Наружный угол | 2,7 | 0,1 | 0,68 | -0,864 |
| 2. Стык наружной стены с внутренней перегородкой, $\delta_2 / \delta_1 = 3$. | 2,7 | 0,1 | 1,2 | 0,54 |
| 3. Стык наружной стены с полом I этажа, $\delta_2 / \delta_1 = 4$. | 3,3 | 0,1 | 1 | 0 |
| 4. Стык наружной стены с междуэтажным перекрытием, $\delta_2 / \delta_1 = 5$. | 3,3 | 0,1 | 1,1 | 0,33 |
| 5. Оконные откосы, $\delta_{зап} / \delta$ | 6,6 | 0,1 | 0,3 | 1,98 |

$$R_{0np} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2,95} \cdot 2,3} \cdot 3,15 = 2,15$$

Определить величину теплового потока

$$q_1 = \frac{1}{R_0} \cdot (t_e - t_H)$$

$$q_1 = \frac{1}{1,8} \cdot (20 - (-24)) = 24,4$$

Определить величину теплового потока,

$$q_2 = \frac{1}{R_{0np}} \cdot (t_e - t_H)$$

$$q_2 = \frac{1}{3,15} \cdot (20 - (-24)) = 20,46$$

В заключение расчёта сравнить приведённое сопротивление теплопередачи сложного ограждения наружной стены, R_0^{np} с сопротивлением теплопередаче по глади ограждения, R_0 , а также соответствующие тепловые потоки q_1 и q_2 .

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| | | | | | | 27 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | |

2.7 Расчёт воздухопроницания ограждающих конструкций

Расчет производится для конструкции наружной стены.

$$\Delta P = 0,55 \cdot H \cdot (\gamma_H - \gamma_B) + 0,03 \cdot \gamma_H \cdot v^2$$

где H – высота здания (от поверхности земли до верха карниза здания), принимаем высоту здания 3,3 м;

γ_H, γ_B – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}$$

$$\gamma_H = \frac{3463}{273 + (-24)} = 13,9$$

$$\gamma_B = \frac{3463}{273 + 20} = 11,81$$

где t – температура воздуха, принимаемая: внутреннего воздуха (для определения γ_B), наружного воздуха (для определения γ_H);

v – максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, принимаемая согласно [4, табл. 1], м/с.

$$\Delta P = 0,55 \cdot 2,8 \cdot (13,9 - 11,81) + 0,03 \cdot 14,19 \cdot 3,3^2 = 11,2$$

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}$$

где R_{u1}, R_{u2}, R_{un} – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоёв ограждения, м² · ч · Па/кг.

$$R_u^{mp} = \frac{\Delta P}{G_H}$$

где G_H – нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м² · ч), по [5, табл. 9].

$$R_u^{mp} = \frac{11,2}{0,5} = 22,4$$

Определить действительную воздухопроницаемость

$$G^d = \frac{\Delta P}{R_u}$$

$$R_u = 38000 + 75 + 13000 = 51075$$

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | 28 |

по формуле

$$q_{\text{в}}^{\text{увф}} = \frac{\frac{C_{\text{в}} G^{\text{в}} e^{\frac{C_{\text{в}} G^{\text{в}} R_X}{3600}}}{3600}}{e^{\frac{C_{\text{в}} R_0}{3600}} - 1}} (t_{\text{в}} - t_{\text{п}})$$

$$q_{\text{в}}^{\text{увф}} = \frac{\frac{1005 \cdot 0,00022 \cdot 4,63 \cdot 1005 \cdot 0,00023 \cdot 3,0}{3600}}{2,72 \cdot \frac{1005 \cdot 3,15 \cdot 0,00023}{3600} - 1}} (20 - (-24)) = 23,68$$

Определить коэффициент порового охлаждения ограждающей конструкции, ε , по формуле

$$\varepsilon = \frac{q_{\text{в}}^{\text{увф}}}{q_0}$$

$$\varepsilon = \frac{23,68}{13,96} = 1,69$$

При $q_{\text{в}}^{\text{увф}} > q_0$ происходит явление рекуперации (частичный возврат).

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | 30 |

2.9 Определение теплоустойчивости помещения

Исходные данные:

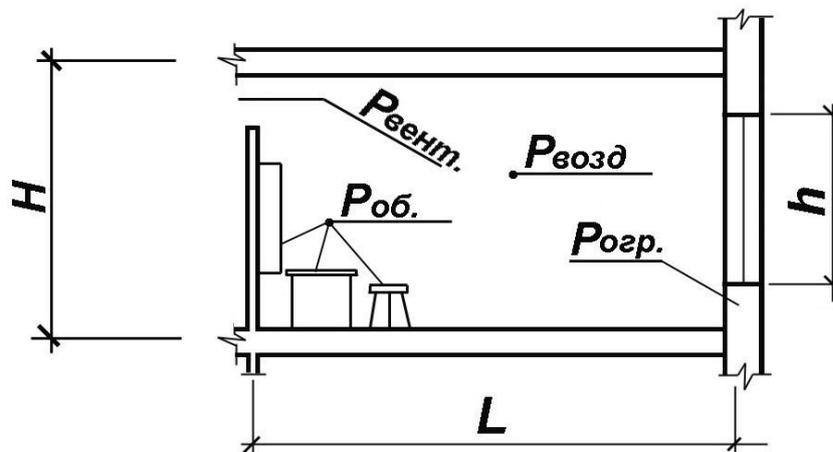


Рисунок 2.6 - Определение показателей теплоусвоения и теплопоглощения помещения

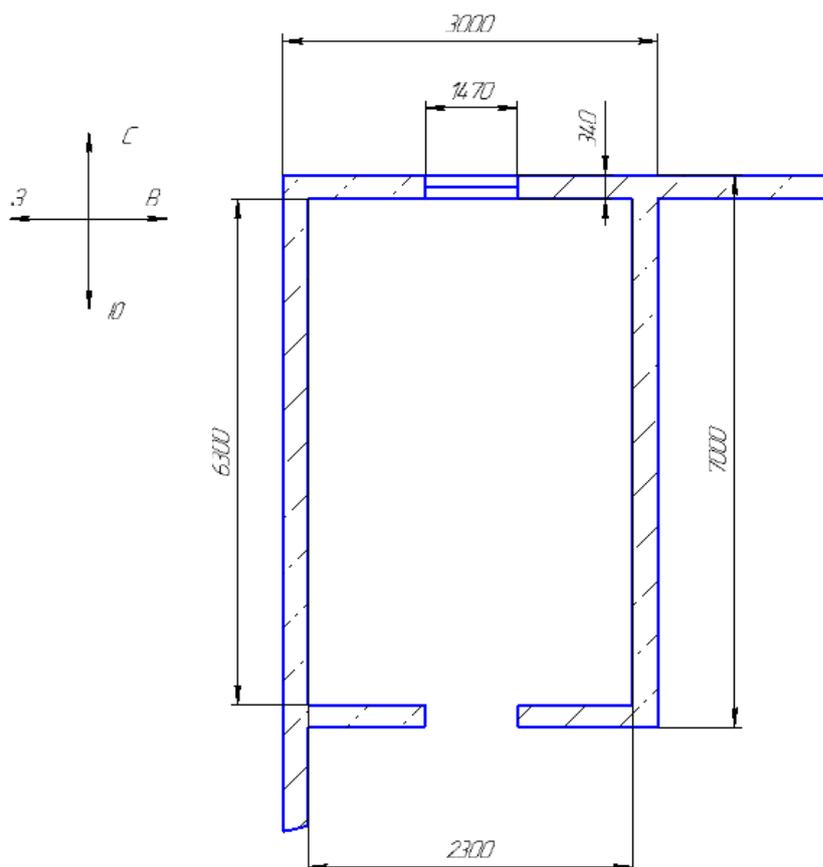


Рисунок 2.7 - Схема помещения

| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат |
|------|-----|----------|---------|-----|
| | | | | |

МИРУ 08.03.01.005

Лис
35

$$P_{\text{огр}} = \sum P_{\text{огр}i} = \sum B_i \cdot F_i$$

где B_i – коэффициент теплопоглощения ограждающей конструкции, Вт/м² °С;

F_i – площадь конструкции, поверхность которой обращена внутрь помещения, м².

Определить коэффициент теплопоглощения

$$B_i = \frac{\mu_i}{\frac{1}{J_{\text{В}i}} + \frac{1}{\alpha_{\text{к}i}}}$$

где μ_i – коэффициент, зависящий от соотношения складываемых в знаменателе величин, следует принимать равным 1,05;

$J_{\text{В}i}$ – коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/м² °С;

$\alpha_{\text{к}i}$ – коэффициент конвективного теплообмена на поверхностях, определяемый по формуле

$$\alpha_{\text{к}i} = v \cdot \sqrt[3]{\Delta t}$$

где Δt – разность температур внутренней поверхности ограждения и воздуха в помещении;

v – температурный коэффициент, определяемый по [1, табл. 1.3.].

$$\alpha_{\text{к}i} = v \cdot \sqrt[3]{\Delta t}$$

Таблица 2.10 – Показатель теплопоглощения ограждений помещения

| Наименование ограждающей конструкции | $J_{\text{В}i}$ | B_i | F_i | $\sum P_{\text{огр}i}$ |
|--------------------------------------|-----------------|-------|-------|------------------------|
| 1 Наружная стена | 53,62 | 6,54 | 24,08 | 157,4 |
| 2 Внутренняя стена | 10,32 | 4,36 | 24,08 | 104,9 |
| 3 Окно | - | 1,68 | 2,58 | 4,33 |
| 4 Междуэтажно | 9,69 | 4,24 | 14,49 | 61,43 |

$$A_i = \frac{\alpha \cdot m \cdot Q_{II}}{P_{II}}$$

где α – поправочный коэффициент, принимаемый 0,7-0,9;

m – коэффициент неравномерности теплоотдачи приборов системы отопления, принимаемый равный 0,1;

Q_{II} – расчётные теплотери через ограждающие конструкции в помещении, Вт, определяемые по формуле

$$Q_{II} = K \cdot A \cdot (t_a - t_n) \cdot n \cdot (1 - \sum \beta)$$

где K – коэффициент теплопередачи наружной стены, пола первого этажа, окна, определяемый из теплотехнического расчёта этих ограждений, Вт /м² °С;

A – площадь ограждений, м² ;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной стены, пола первого этажа, окна относительно наружного воздуха, принимается по приложению 4 методических указаний;

$\sum \beta$ – сумма коэффициентов, учитывающих добавочные теплотери:

- β_1 – добавка на ориентацию наружной стены, окна по сторонам света: для С, С-В, С-З, В величина $\beta_1 = 0,1$; для Ю-В и З величина $\beta_1 = 0,05$; для Ю, Ю-З величина $\beta_1 = 0$;

- β_2 – добавка для пола над неотапливаемым подвалом здания в местности с $t_n = -40^\circ\text{C}$ и ниже;

- β_3 – добавка на угловое помещение учитывает, что в таком помещении радиационная температура, t_R , ниже, чем в рядовом. Поэтому в угловом помещении жилого здания величина t_n принимается на 2°С выше.

Таблица 2.11 – Расчётные теплотери через ограждающие конструкции

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | <i>МИРУ 08.03.01.005</i> | Лис |
| | | | | | | 38 |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | |

$$Q_n = Q_{ном} = 789,3 = [1,66 \cdot 1,01 \cdot 0,83 \cdot (\tau_n^{расч} - 20) + 2,32 \cdot (\tau_n^{расч} - 20)] \cdot 13,8$$

$$\tau_n^{расч} = 25,12^{\circ}C$$

$$t_R = 29 - 0,57 \cdot t_n \pm 1,5$$

$$t_R = 29 - 0,57 \cdot 20 \pm 1,5$$

$$t_R = 17,6 \pm 1,5$$

$$t_R = \sum \varphi_{q-i} \cdot \tau_i$$

$$t_R = \varphi_{q-i} \cdot \tau_n^{расч} + \varphi_{q-но} \cdot \tau_{но} + \varphi_{q-во} \cdot \tau_{во}$$

$$t_R = 25,12 \cdot 0,2 + 11,3 \cdot 0,1 + 20 \cdot 0,7 = 19,154$$

условие выполняется

| | | | | | | |
|------|-----|----------|---------|-----|--------------------------|-----|
| | | | | | МИРУ 08.03.01.005 | Лис |
| Изм. | Лис | № докум. | Подпись | Дат | | 42 |

