

Теплотехнический расчет

Расчет требуемых теплотехнических параметров ограждающих конструкций выполнен согласно указаниям СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита здания». Фактическое термическое сопротивление принятой конструкции ограждений должно быть больше или равно требуемому термическому сопротивлению. Последнее определяется, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий и условий энергосбережения. Расчет ведется для каждого вида ограждений (стены, покрытия).

Определение требуемого термического сопротивления по санитарно-гигиеническим и комфортным условиям.

Термическое сопротивление вычисляется по формуле:

$$R_{reg} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}},$$

–n–коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по табл.6 СНиП 23-02-2003;

для наружных стен и покрытий n=1

– t_{int} –расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °C;

$$t_{int} = 18^{\circ}\text{C}$$

– t_{ext} –расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °C;

$$t_{ext} = -6^{\circ}\text{C}$$

– Δt_n –нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха t_{int} и температурой внутренней поверхности t_{int} ограждающей конструкции, °C, принимаемый по табл.5 СНиП 23-02-2003;

– α_{int} –коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, Вт/(м²× °C), принимаемый по табл.7 СНиП 23-02-2003;

для стен, полов и потолков (гладких) $\alpha_{int} = 8,7$ Вт/(м²× °C).

–для наружных стен производственных зданий $\Delta t_n = t_{int} - t_d$, но не более 7

При расчетной температуре внутреннего воздуха $t_{int} = 18^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $\varphi = 50\%$ температура точки росы $t_d = 7,5^{\circ}\text{C}$.

- для наруж. стен произв. зданий $\Delta t_n = t_{int} - t_d$, но не более 7, $t_n = 18 - 7,5 = 10,5^{\circ}\text{C}$.

Принимаем $\Delta t_n = 7^{\circ}\text{C}$.

– для покрытий производственных зданий $\Delta t_n = 0,8 \times (t_{int} - t_d)$, но не более 6

$\Delta t_n = 0,8 \times (18 - 7,5) = 8,4^{\circ}\text{C}$. Принимаем $\Delta t_n = 6^{\circ}\text{C}$.

Требуемое термическое сопротивление для наружных стен:

$$R_{reg} = \frac{1 \cdot (18 - (-6))}{7 \cdot 8,7} = 0,39 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}};$$

то же для покрытия:

$$R_{reg} = \frac{1 \cdot (18 - (-6))}{6,0 \cdot 8,7} = 0,46 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}};$$

Определение требуемого термического сопротивления из условий энергосбережения.

Величина R_{reg} определяется по табл.4. СНиП 23-02-2003 в зависимости от градусо-суток района строительства D_d , °С×сут.

для производственных помещений $D_d = (t_{int} - t_{ht}) \times Z_{ht} = (18 - 5,1) \times 126 = 1625,4^\circ\text{C} \times \text{сут}$

где t_{ht} , Z_{ht} - средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по СНиП 23-01-99* «Строительная климатология», для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С,

Условия эксплуатации ограждающих конструкций при нормальном режиме помещений «Б».

Получаем следующие величины требуемого сопротивления теплопередаче:

- для наружных стен и перекрытий над неотапливаемыми подпольями

$$R_{reg} = 0,0002 \times 1625,4 + 1,0 = 1,33 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

- для кровли

$$R_{reg} = 0,00025 \times 1625,4 + 1,5 = 1,91 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

- для окон

$$R_{reg} = 0,000025 \times 1625,4 + 0,2 = 0,24 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

Из полученных двух значений требуемых сопротивлений теплопередаче выбирается большее. Рассчитанные сопротивления сведены в таблицу.

<div> <div>Тип ограждения</div> <div> $R_o^{TP}, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$ </div> </div>	Стена, перекрытия над неотаплив. подпольем	Покрытие	Окна
По санитарно-гигиеническим требованиям	0,39	0,46	-
По требованиям энергосбережения	1,33	1,91	0,24
Принятое требуемое термическое сопротивление, R_{reg}	1,33	1,91	0,24

Расчет сопротивления теплопередаче.

Покрытие ТИП1

Состав ограждения:

Керамическая черепица	$\delta = 0,01\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,81 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Обрешетка	
Профнастил	
Гидроветрозащитная пленка	
Стальные прогоны	
Стальной термопрофиль с заполнением пустот	
Rockwool ЛАЙТ БАТТС	$\delta = 0,15\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,041 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Строительная плёнка "Паробарьер"	
Каркас для гипсокартона	
2 слоя гипсокартона	$\delta = 0,025\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,21 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta}{\lambda} \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/ Вт)},$$

где δ – толщина материала, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м $^\circ\text{С}$),

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, ограждающей конструкций для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012

$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \text{ } ^\circ\text{С)}$,

$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \text{ } ^\circ\text{С)}$,

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,025}{0,21} + \frac{1}{23} = 3,95 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$$

С учетом коэффициента теплотехнической однородности ограждающей конструкции, сопротивление стены должно быть не менее

$R = 3,95 \times 0,75 = 2,96 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$

$R_{\text{рег}} = 1,91 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$

$R_0 > R_{\text{рег}}$. Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02-2003.

Покрытие ТИП3

Состав ограждения:

Рулонный газон	$\delta = 0,025\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 1,75 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Растительный грунт	$\delta = 0,125\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 1,75 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Гидроизоляция геомембрана	$\delta = 0,004\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,17 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
OSB-3	$\delta = 0,018\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,14 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Профлист	
Гидроветрозащитная пленка	

Стальные прогоны	
Стальные балки	
Стальной термопрофиль с заполнением пустот	
Rockwool ЛАЙТ БАТТС	$\delta = 0,15\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,041 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Строительная плёнка "Паробарьер"	
Каркас для гипсокартона	
2 слоя гипсокартона	$\delta = 0,025\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,21 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta}{\lambda} \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/ Вт)},$$

где δ – толщина материала, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м $^\circ\text{С}$),

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, ограждающей конструкций для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012

$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \text{ } ^\circ\text{С)}$,

$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \text{ } ^\circ\text{С)}$,

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,025}{1,75} + \frac{0,125}{1,75} + \frac{0,004}{0,17} + \frac{0,018}{0,14} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,025}{0,21} + \frac{1}{23} = 4,16 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$$

С учетом коэффициента теплотехнической однородности ограждающей конструкции сопротивление стены должно быть не менее $R = 4,16 \times 0,75 = 3,12 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$

$R_{\text{рег}} = 1,91 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$

$R_0 > R_{\text{рег}}$. Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02-2003.

Перекрытие пом. 10

Состав ограждения:

Выравнивающая стяжка с покрытием	
из наливного пола	$\delta = 0,055\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,93 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Ж/б перекрытие по профлисту	$\delta_{\text{min}} = 0,050\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 2,04 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Гидроветрозащитная пленка	
Стальной термопрофиль с заполнением пустот	
Rockwool ЛАЙТ БАТТС	$\delta = 0,15\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,041 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$
Строительная плёнка "Паробарьер"	
ЦСП	$\delta = 0,020\text{м}, \lambda_{\text{Б}} = 0,26 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta}{\lambda} \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/ Вт)},$$

где δ – толщина материала, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м $^\circ\text{С}$),

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, ограждающей конструкций для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012

$$\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

$$\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,055}{0,93} + \frac{0,05}{2,04} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,02}{0,26} + \frac{1}{23} = 3,967 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

С учетом коэффициента теплотехнической однородности ограждающей конструкции сопротивление стены должно быть не менее $R = 3,97 \times 0,75 = 2,97 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

$$R_{\text{reg}} = 1,91 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$R_0 > R_{\text{reg}}$. Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02-2003.

Перекрытие пом. 26, 13

Состав ограждения:

Керамические плитки	$\delta = 0,01 \text{ м}, \lambda_b = 0,81 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$
Выравнивающая стяжка из ЦПР	$\delta = 0,052 \text{ м}, \lambda_b = 0,93 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$
Ж/б перекрытие по профлисту	$\delta_{\text{min}} = 0,050 \text{ м}, \lambda_b = 2,04 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$
Гидроветрозащитная пленка	
Стальной термопрофиль с заполнением пустот	
Rockwool ЛАЙТ БАТТС	$\delta = 0,15 \text{ м}, \lambda_b = 0,041 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$
Строительная плёнка "Паробарьер"	
2 слоя гипсокартона	$\delta = 0,020 \text{ м}, \lambda_b = 0,26 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta}{\lambda} \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт)},$$

где δ – толщина материала, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$,

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, ограждающей конструкций для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012

$$\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

$$\alpha_b = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,052}{0,93} + \frac{0,05}{2,04} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,02}{0,26} + \frac{1}{23} = 3,975 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

С учетом коэффициента теплотехнической однородности ограждающей конструкции сопротивление стены должно быть не менее $R = 3,98 \times 0,75 = 2,98 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$

$$R_{\text{reg}} = 1,91 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$R_0 > R_{\text{reg}}$. Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02-2003.

Наружные стены

Тип 1, 3

ЦСП	$\delta = 0,02\text{м}, \lambda_{\text{б}} = 0,26\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$
Стальной профиль ПШ-25	
Гидроветрозащитная пленка	
Rockwool ЛАЙТ БАТТС	$\delta = 0,15\text{м}, \lambda_{\text{б}} = 0,041\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$
Стальной термопрофиль с заполнением пустот	
Пароизоляционная пленка	
(Стойка каркаса)	
Профиль гипсокартонный	
Гипсокартон	$\delta = 0,025\text{м}, \lambda_{\text{б}} = 0,21\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta}{\lambda} \quad (\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}),$$

где δ – толщина материала, м;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м $^{\circ}\text{C}$),

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, ограждающей конструкций для условий холодного периода, принимаемый по таблице 6 СП 50.13330.2012

$\alpha_{\text{н}} = 23\text{ Вт/(м}^2\text{ }^{\circ}\text{C)}$,

$\alpha_{\text{в}} = 8,7\text{ Вт/(м}^2\text{ }^{\circ}\text{C)}$,

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,26} + \frac{0,15}{0,041} + \frac{0,025}{0,21} + \frac{1}{23} = 4,01\text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$$

С учетом коэффициента теплотехнической однородности ограждающей конструкции сопротивление стены должно быть не менее $R = 4,16 \times 0,75 = 3,01\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$

$R_{\text{reg}} = 1,91\text{ м}^2\text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$

$R_0 > R_{\text{reg}}$. Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02-2003.

Окна, Витражи

Однокамерный стеклопакет в металлопластиковом переплете из обычного стекла с межстекольным расстоянием 6 мм

$R_o = 0,31\text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$

$R_0 > R_{\text{reg}}$. Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02.

Двери

Требуемое приведенное сопротивление теплопередаче входных дверей рассчитано как $0,6 \cdot R_{\text{стен.}} = 0,6 \times 1,33 = 0,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$.

1. Двери и ворота металлические с утеплением. Утеплитель – минераловатные плиты $\delta = 0,05 \text{ м}$

$$R_0 = 1/8,7 + 0,05/0,045 + 1/23 = 1,27 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$$

$R_0 > R_{\text{рег.}}$. Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02.

2. Входные двери из однокамерного стеклопакета в алюминиевом переплете из обычного стекла с межстекольным расстоянием 6 мм.

$$R_0 = 0,31 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$$

$R_0 > R_{\text{рег.}}$, $0,31 > 0,24$ Выбранная ограждающая конструкция соответствует требованиям СНиП 23-02-2003.

Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции	$R_{\text{рег.}}$ $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$	R_0 , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С/Вт}$
Покрытие	1,91	3,95/4,16
Стены наружные	1,33	4,01
Окна	0,24	0,31
Двери из стеклопакета		0,31
Двери металлические с утеплителем	0,8	1,27
Перекрытия над неотапл. подпольем	1,33	3,97
Пол по грунту	-	1-я зона = 2,1 2-я зона = 4,3 3-я зона = 8,6 4-я зона = 14,2