

# ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

## Комплекс мероприятий, обеспечивающих надлежащую тепловую защиту зданий и сооружений, относятся:

- оптимальное объемно-планировочное решение зданий и сооружений при минимальной площади наружных ограждающих конструкций;
- применение рациональных наружных ограждающих конструкций с использованием в них эффективных теплоизоляционных материалов;
- применение современных методов расчета тепловой защиты зданий и сооружений, базирующихся на условиях энергосбережения.

# Нормативная литература

- СП 131.13330.2012 Строительная климатология
- СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий
- СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты
- ГОСТ 30494-16. "Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях"

- В связи с особенностями конструктивных решений наружную стену можно представить как состоящую из следующих типов элементов:
- - плоских элементов – кладка + утеплитель+отделочный слой;
- - линейных (откосы) – перемычка (ригель) + утеплитель+отделочный слой;
- - точечные элементы – связи между слоями (дюбель, арматура, анкерные элементы).
- Теплотери через линейные и точечные элементы можно определить только по результатам расчета температурного поля с применением специальной компьютерной программы.

- **Порядок расчета**
- Выполняется в соответствии с п. 5.2 [ 2 ].
- Исходные данные:
  - 1.1. параметры наружного воздуха
    - $t_n$  - температура холодной пятидневки;
    - $t_{от}$  – температура отопительного периода;
    - $z_{от}$  – продолжительность отопительного периода;
    - влажностный режим района строительства
  - 1.2. параметры внутреннего воздуха
    - $t_b$  – температура внутреннего воздуха;
    - $\phi_b$  – влажность внутреннего воздуха;
    - влажностный режим помещения

- 1.3. условия эксплуатации ограждающих конструкций
- 1.4.  $\alpha_{в}$ ,  $\alpha_{н}$  коэф. теплоотдачи внутренней и наружной поверхности о.к.
- Определяем нормируемое сопротивление теплопередаче
- $R_o^{норм} = R_o^{тр} m_{p_i}$
- Определяем приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o^{пр}$  с учетом коэффициента теплотехнической однородности (для наружных стен с утеплителем принимаемый  $r = 0,7$ )
- $R_o^{пр} = R_o^{усл} r_i$

- Расчет ведется из условия равенства  $R_o^{np} = R_o^{норм}$ , следовательно  $R_o^{усл} = R_o^{норм} / r$ ;

Определяем нормируемые теплотехнические показатели материалов ограждающей конструкции;

- Определяем термическое сопротивление без учета утеплителя;
- Определяем термическое сопротивление утеплителя;
- Определяем толщину утеплителя;
- Принимаем толщину утеплителя кратно номинальным размерам в большую сторону.
- Проводим проверку с учетом принятой толщины утеплителя
- $R_o^{np} = 1/\alpha_B + R_s + 1/\alpha_H$ ;
- Проводим проверку санитарно-гигиенических требований по п.5.7[2].



# Теплотехнический расчет наружной кирпичной стены слоистой конструкции

## А. Исходные данные

Место строительства – г. Пермь.

- Зона влажности – нормальная [Приложение 2].
- Продолжительность отопительного периода  $z_{от} = 229$  суток [Приложение 1].
- Средняя расчетная температура отопительного периода  $t_{от} = -5,9$  °С [Приложение 1].
- Температура холодной пятидневки  $t_{нар} = -35$  °С [1].
- Расчет произведен для пятиэтажного жилого дома:
- температура внутреннего воздуха  $t_{вн} = + 21$ °С [табл.2, стр 8];

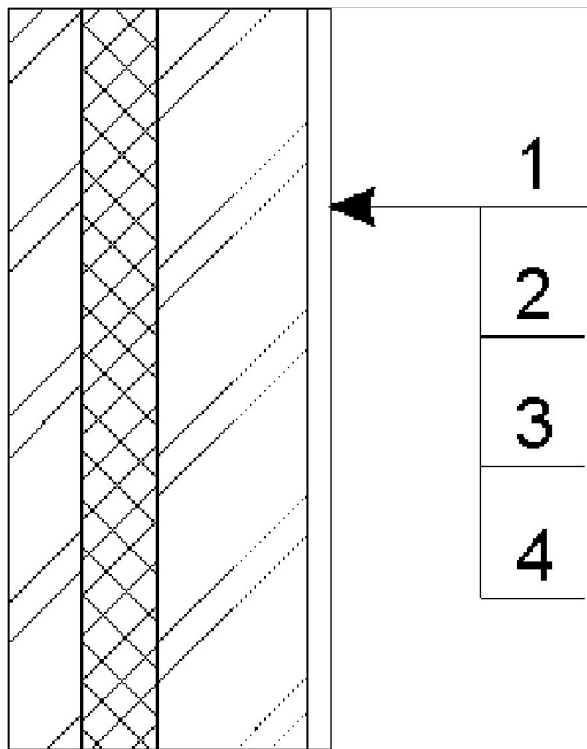


- влажность воздуха: = 55 %[табл2,стр 8];
- влажностный режим помещения – нормальный [табл14,стр 30].
- Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б [табл. 13,стр 30].
- Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения  $a_{в} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$  [табл.8стр 16,2].
- Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения  $a_{н} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$  [табл 9 стр 17,2].

# КАРТА ЗОН ВЛАЖНОСТИ







**Рис.3**  
**Расчётная схема**

Необходимые данные о конструктивных слоях стены для теплотехнического расчёта сведены в таблицу.

№ п/п	Наименование материала	$\gamma_0$ , кг/м <sup>3</sup>	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$R$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
1	Известково-песчаный раствор	1600	0,015	0,81	0,019
2	Кирпичная кладка из пустотного кирпича	1200	0,380	0,52	0,731
3	Плиты пенополистирольные	100	X	0,052	X
4	Кирпичная кладка из пустотного кирпича (облицовочного)	1600	0,120	0,58	0,207

## Б. Порядок расчета

- Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) [2]:

$$ГСОП = (t_{\text{вн}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} = (21 - (-5,9)) \cdot 229 = 6160,1.$$

- Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных стен по формуле (1) СНиП 23-02-2003 [2]:

$$R_{\text{о}}^{\text{тр}} = aГСОП_{\text{д}} + b = 0,00035 \cdot 6160,1 + 1,4 = 3,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°} / \text{Вт}.$$

- Приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o^r$  наружных кирпичных стен с эффективным утеплителем жилых зданий рассчитывается по формуле
- $R_o^{пр} = R_o^{усл} r;$
- где  $R_o^{усл}$  – сопротивление теплопередаче кирпичных стен, условно определяемое по формулам (9) и (11) без учета теплопроводных включений,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт;$
- $R_o^{пр}$  - приведенное сопротивление теплопередаче с учетом коэффициента теплотехнической однородности  $r$ , равен 0,74.

- Расчёт ведётся из условия равенства
- $R_o^{пр} = R_o^{норм}$ , следовательно  $R_o^{усл} = R_o^{норм} / r_i$   
следовательно,
- $R_o^{усл} = 3,56 / 0,74 = 4,81 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
- $R_o^{усл} = R_v + R_k + R_n$ ,

отсюда

$$R_k = R_o^{усл.} - (R_v + R_n) = 4,81 - (1/8,7 + 1/23) = 4,652 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$



- Термическое сопротивление наружной кирпичной стены слоистой конструкции может быть представлено как сумма термических сопротивлений отдельных слоев, т.е.

$$R_k = R_1 + R_2 + R_{yt} + R_4$$

- Определяем термическое сопротивление утеплителя:

$$R_{yt} = R_k - (R_1 + R_2 + R_4)$$

$$= 4,652 - (0,019 + 0,731 + 0,207) = 3,695 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Находим толщину утеплителя:

$$\delta_{\text{ут}} = \lambda \cdot R_{\text{ут}} = 0,052 \cdot 3,695 = 0,192 \text{ м.}$$

- Принимаем толщину утеплителя 200 мм.
- Окончательная толщина стены будет равна

$$\delta_{\text{ст}} = (380 + 200 + 120) = 700 \text{ мм.}$$

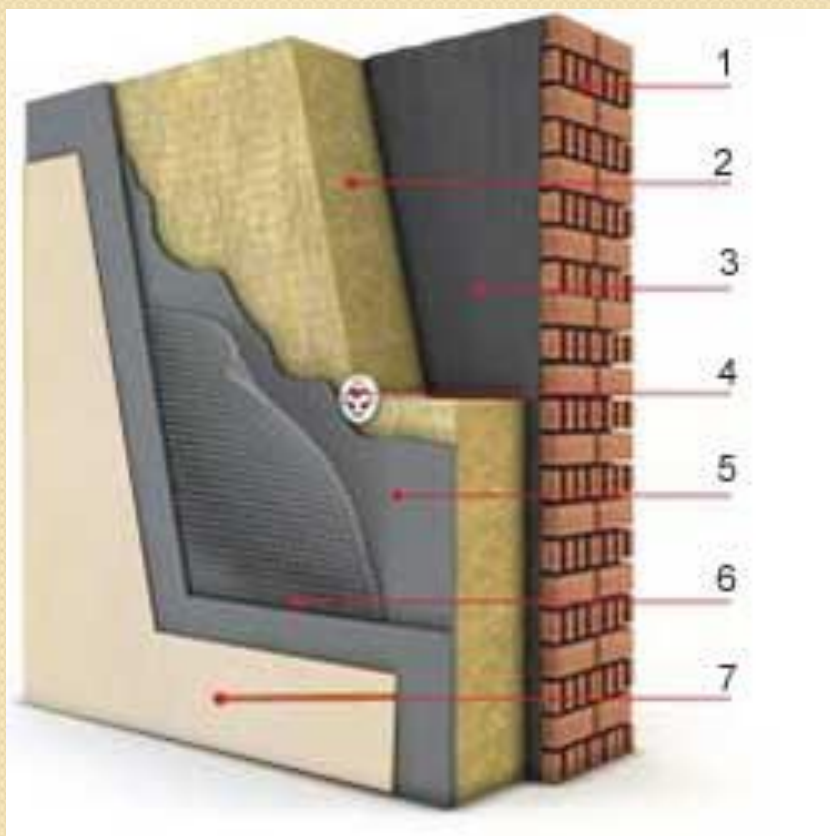
Производим проверку с учетом принятой толщины утеплителя:

$$R_o^{пр} = (R_{si} + R_1 + R_2 + R_{ym} + R_4 + R_{se}) = 0,74 ( 1/8,7 + 0,019 + 0,731 + 0,2/0,052 + 0,207 + 1/23 ) = 3,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Условие  $R_o^{пр} = 3,67 \geq 3,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$   
выполняется.

# КОНСТРУКЦИИ СТЕН:

наружное утепление: система тонкослойная  
штукатурка  $a_n = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$



1 – несущая стена

2 – теплоизоляция минвата или пенопласт

3 – первичный клеевой слой

4 – фасадный дюбель

5 – армирующая сетка

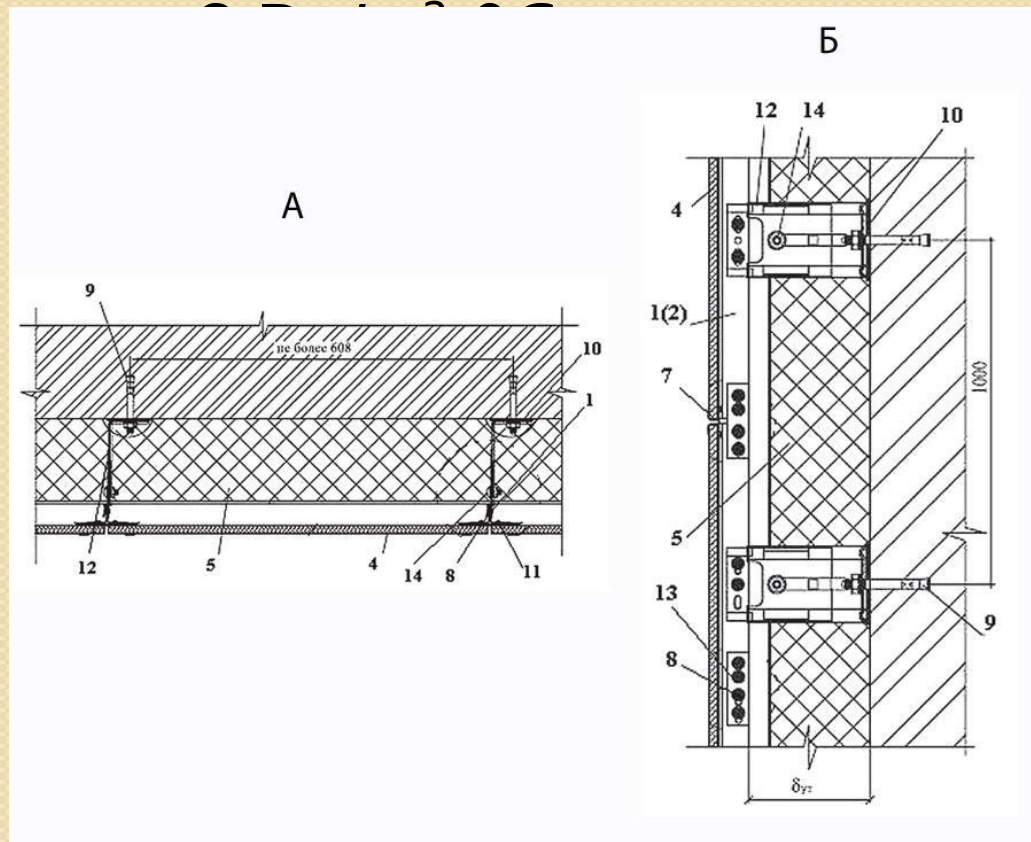
6 – слой штукатурки

7 – декоративная штукатурка



# КОНСТРУКЦИИ СТЕН:

Наружное утепление: система вентилируемый фасад  $a_H$



Заклепка фасадная

Вертикальный профиль

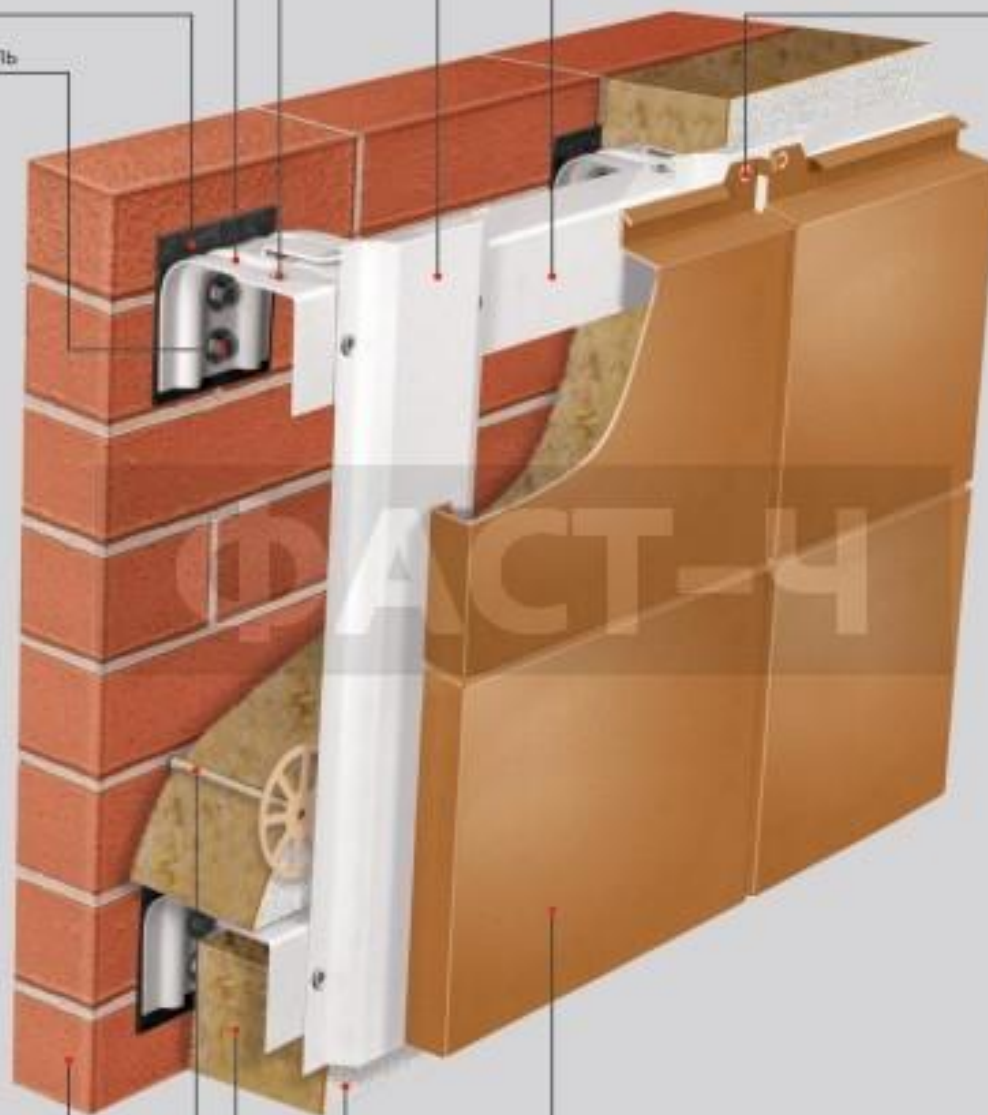
Кронштейн

Горизонтальный профиль

Прокладка

Заклепка фасадная

Анкерный крепитель



Стена

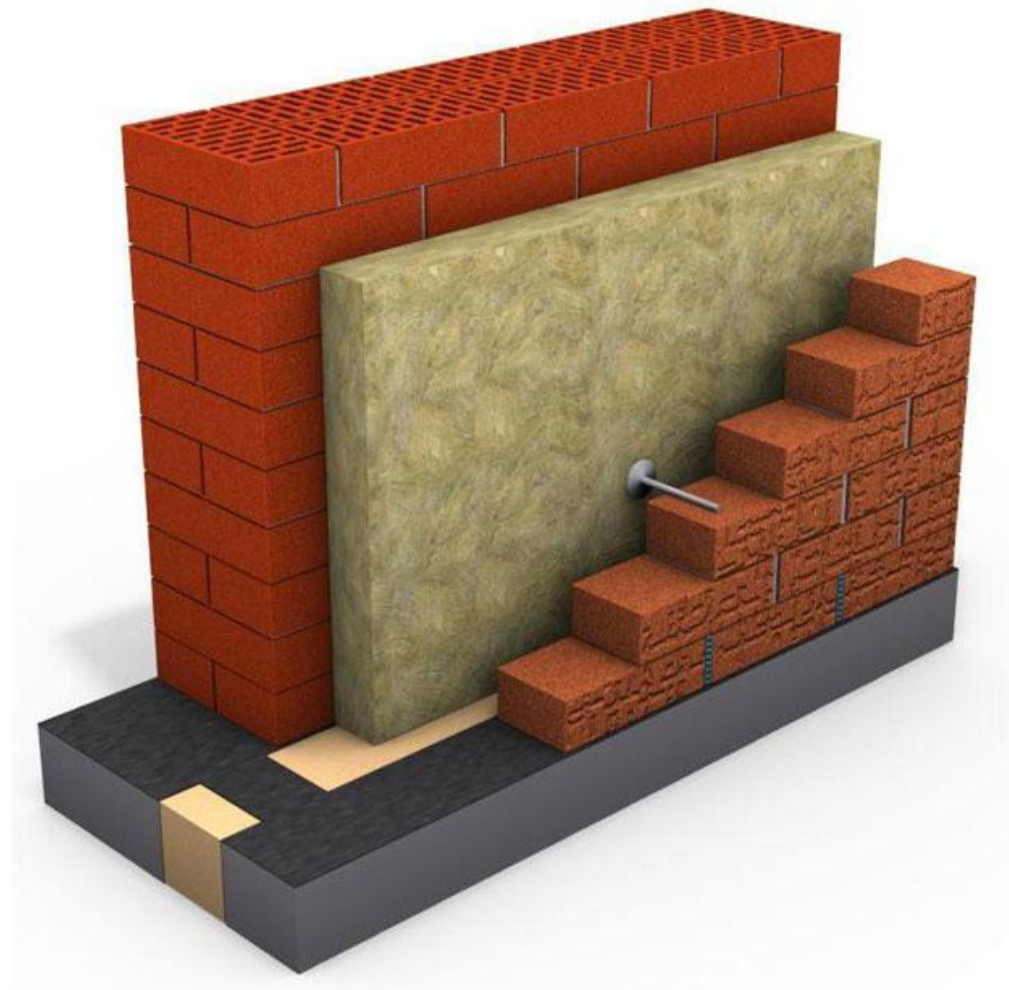
Дюбель СПД

Утеплитель

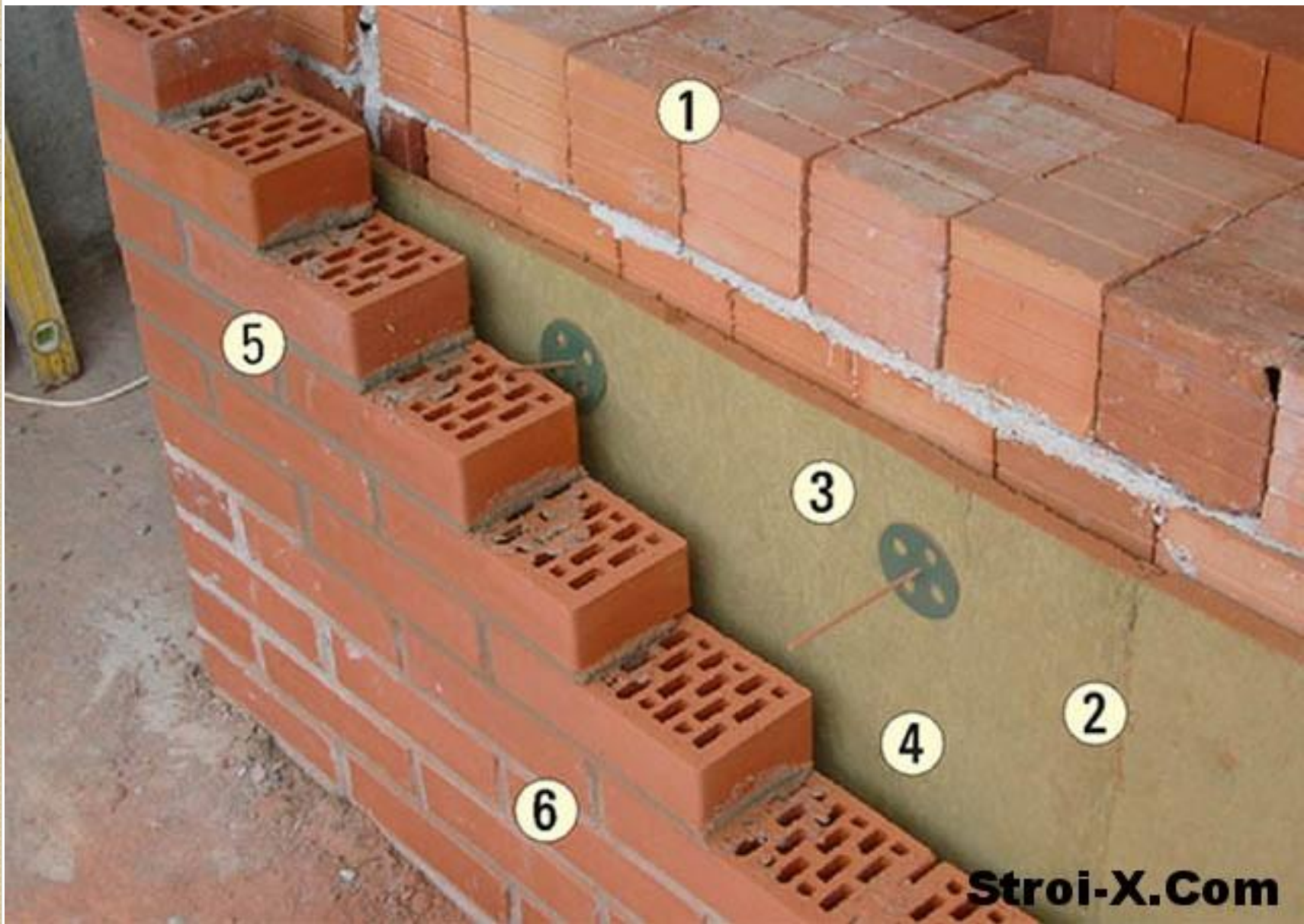
Фасадная кассета ФАКТ-4 Металлколор  
либо кассета ALUCOBOND

Ветрозащитная пленка

# Конструкции стен: утепление внутри кладки







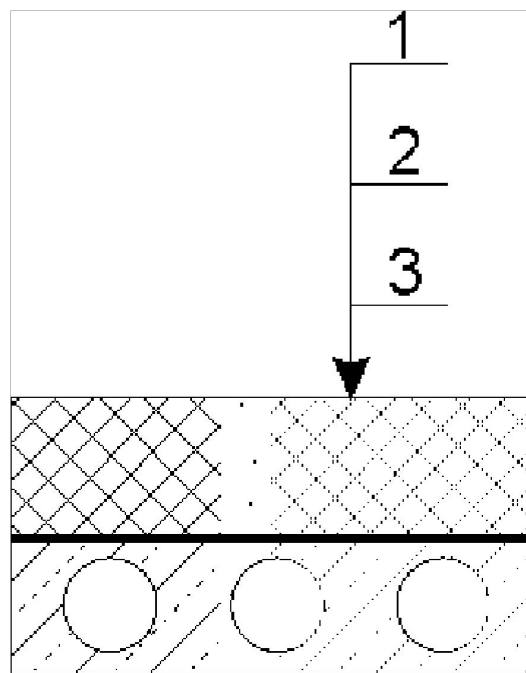
# Теплотехнический расчет чердачного перекрытия

## А. Исходные данные

- Место строительства – г. Пермь.
- Климатический район – I В [1].
- Зона влажности – нормальная [1].
- Продолжительность отопительного периода  $z_{ht} = 229$  сут [1].
- Средняя расчетная температура отопительного периода  $t_{ht} = -5,9$  °С [1].
- Температура холодной пятидневки  $t_{ext} = -35$  °С [1].
- Расчет произведен для пятиэтажного жилого дома:
- температура внутреннего воздуха  $t_{int} = + 21$ °С [2];
- влажность воздуха = 55 %;

- влажностный режим помещения – нормальный.
- Условия эксплуатации ограждающих конструкций – Б.
- Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения  $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$  [2].
- Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения  $\alpha_{\text{ext}} = 12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$  [2].





Расчётная схема

Чердачное перекрытие состоит из конструктивных слоев, приведенных в таблице.

№ п/п	Наименование материала (конструкции)	$\gamma_0$ , кг/м <sup>3</sup>	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$R$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
1	Плиты полужесткие минераловатные на битумных связующих (ГОСТ 4640)	100	X	0,065	X
2	Пароизоляция – 1 слой (ГОСТ 30547)	600	0,005	0,17	0,0294
3	Железобетонные пустотные плиты ПК (ГОСТ 9561 - 91)		0,22		0,142

## Б. Порядок расчета

Определение градусо-суток отопительного периода по формуле (2) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (21 + 5,9) \cdot 229 = 6160,1 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия по формуле (1) СНиП 23-02–2003 [2]:

$$R_{\text{req}} = aD_d + b = 0,00045 \cdot 6160,1 + 1,9 = 4,67 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

Теплотехнический расчет ведется из условия равенства общего термического сопротивления  $R_o$  нормируемому  $R_{req}$ , т.е.

$$R_o = R_{req}$$

По формуле (7) СП 23-100-2004 определяем термическое сопротивление ограждающей конструкции  $R_k$

$$R_k = R_{req} - (R_{si} + R_{se}) = 4,67 - (1/8,7 + 1/12) = 4,67 - 0,197 = 4,473 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$



Термическое сопротивление ограждающей конструкции (чердачного перекрытия) может быть представлено как сумма термических сопротивлений отдельных слоев, т.е.

$$R_{\text{к}} = R_{\text{ж.б}} + R_{\text{п.и}} + R_{\text{ут}}$$

- где  $R_{\text{ж.б}}$  – термическое сопротивление железобетонной плиты перекрытия, величина которого согласно [9] составляет 0,142 м<sup>2</sup>·°С/Вт для условий эксплуатации «Б» и 0,147 м<sup>2</sup>·°С/Вт - условий эксплуатации «А».
- $R_{\text{п.и}}$  – термическое сопротивление слоя пароизоляции;
- $R_{\text{ут}}$  – термическое сопротивление утепляющего слоя.

$$R_{\text{ут}} = R_{\text{к}} - (R_{\text{ж.б}} + R_{\text{п.и}}) = R_{\text{к}} - \left( R_{\text{ж.б}} + \frac{\delta_{\text{п.и}}}{\lambda_{\text{п.и}}} \right)$$

$$= 4,473 - (0,142 + 0,005/0,17) = 4,302 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Используя формулу (6) СП 23-101–2004, определяем толщину утепляющего слоя

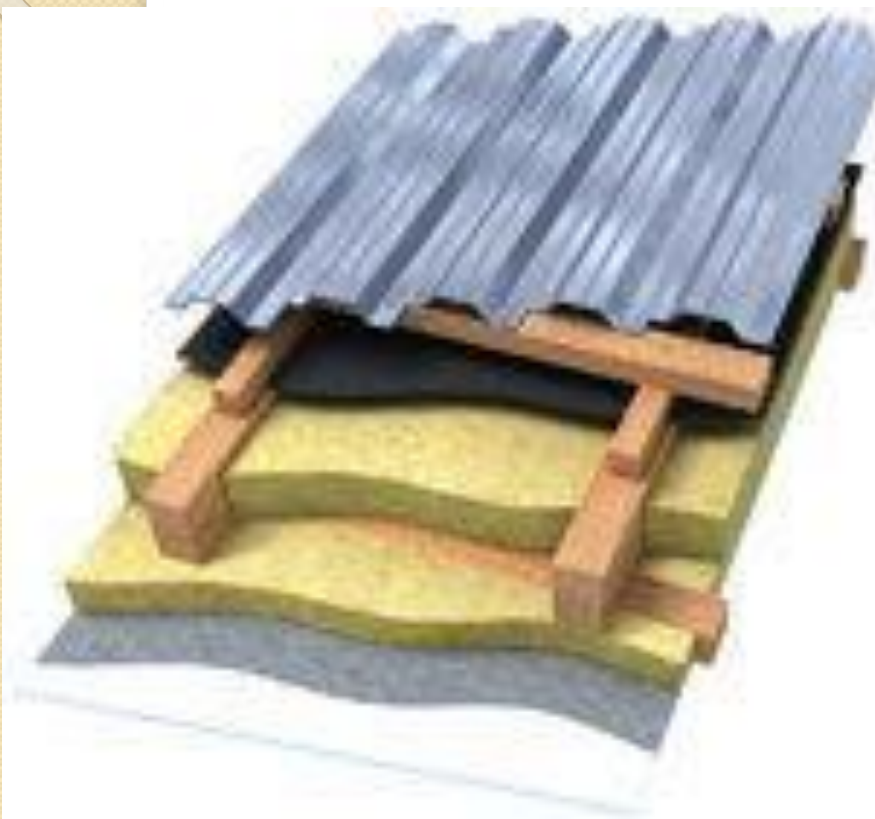
$$\delta_{\text{ут}} = R_{\text{ут}} \cdot \lambda_{\text{ут}} = 4,302 \cdot 0,065 = 0,280 \text{ м.}$$

Принимаем толщину утепляющего слоя равной 300 мм, тогда фактическое сопротивление теплопередаче составит

$$R_0^{\phi} = 1/8,7 + (0,142 + 0,005/0,17 + 0,300/0,065) + 1/12 = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

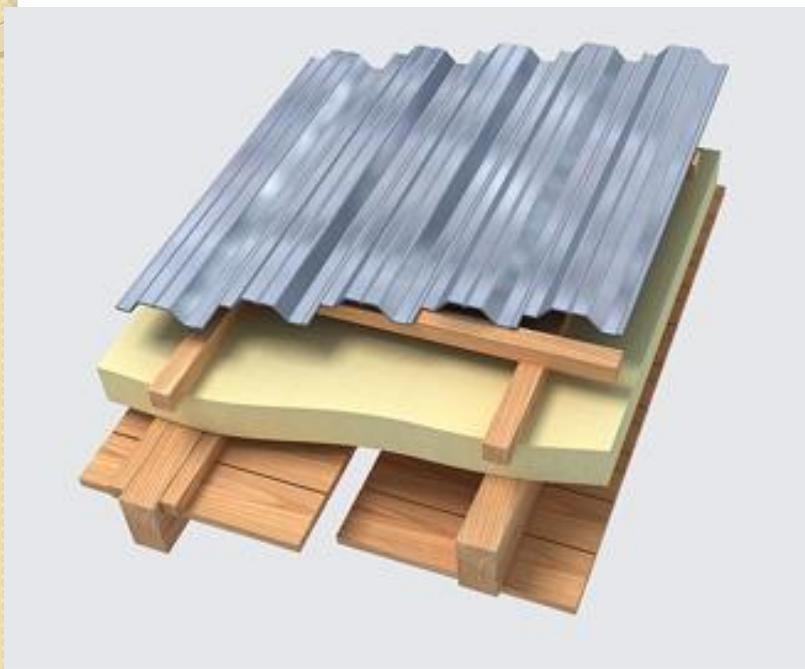
Условие  $R_0^{\phi} = 4,98 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} > R_{\text{req}} = 4,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$   
выполняется.

# СОСТАВЫ МАНСАРД с теплоизоляцией между стропильными ногами



- 1.Кровельное покрытие
- 2.Вентилируемый воздушный зазор шириной 2-5 см
- 3.Подкровельная гидроизоляционная паропроницаемая мембрана
- 4.Теплоизоляция URSA GEO  
Скатная крыша, уложенная между стропил
- 5.Пароизоляционная пленка
- 6.Внутренняя отделка (листы гипсокартона или фанеры, вагонка и т.п.)

# Скатные крыши с теплоизоляцией, уложенной над стропилами



- 1.Кровельное покрытие
- 2.Вентилируемый воздушный зазор шириной 2-5 см
- 3.Подкровельная гидроизоляционная паропроницаемая мембрана
- 4.Теплоизоляция URSA XPS, уложенная над стропилами
- 5.Стропильная система
- 6.Внутренняя отделка (листы гипсокартона или фанеры, вагонка и т.п.)



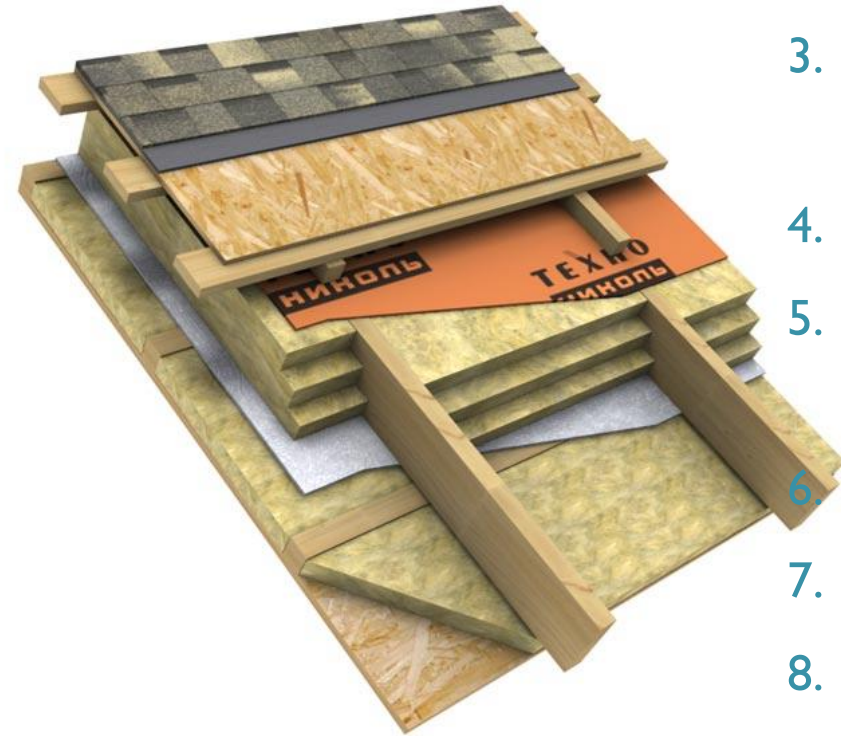
1. Кровельное покрытие
2. Обрешетка
3. Гидро- и ветрозащитная мембрана ISOVER HB
4. Теплоизоляция ISOVER Скатная Кровля
5. Стропила
6. Пароизоляция ISOVER VARIO KM Duplex UV или ISOVER VS 80
7. Внутренняя отделка (гипсокартон (например, GYPROC), вагонка, фанера)



# Кровля с гибкой черепицей







1. Гибкая черепица SHINGLAS
2. Самоклеющийся подкладочный ковер Барьер ОС
3. Мембрана супердиффузионная ТехноНИКОЛЬ
4. Тепло-, звукоизоляция ТЕХНОЛАЙТ
5. Пароизоляционная пленка ТехноНИКОЛЬ
6. Деревянный настил (ОСП-3; ФСФ)
7. Разреженная обрешетка
8. Контрбрус для создания вентканалов
9. Стропильная нога
10. Шаговая обрешетка под утеплитель
11. Подшивка мансарды

Металлочерепица  
Гидроизоляция  
Контробрешетка  
Обрешетка  
Утеплитель  
Начальная обрешетка  
Карнизная планка  
Пароизоляция  
Стропило

