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).
- Теплопотери 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
- $t_н$ - температура холодной пятидневки;
- $t_{от}$ – температура отопительного периода;
- $z_{от}$ – продолжительность отопительного периода;
- влажностный режим района строительства
- 1.2. параметры внутреннего воздуха
- $t_в$ – температура внутреннего воздуха;
- $\phi_в$ – 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
- $R_o^{норм} = R_o^{тр}\ m_p;$

- Определяем приведенное сопротивление теплопередаче $R_o^{пр}$ с учетом коэффициента теплотехнической однородности (для наружных стен с утеплителем принимаемый r = 0,7)
- $R_o^{пр} = R_o^{усл}\ r;$

- Расчет ведется из условия равенства $R_o^{пр} = R_o^{норм}$, 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
- $R_o^{пр} = 1/\alpha_в + R_s + 1/\alpha_н$;
- 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 $\alpha_в$ = 8,7 Вт/м^2 °С [табл.8стр 16,2].
- Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения $\alpha_н$ = 23 Вт/м^2·°С [табл 9 стр 17,2].

КАРТА ЗОН ВЛАЖНОСТИ

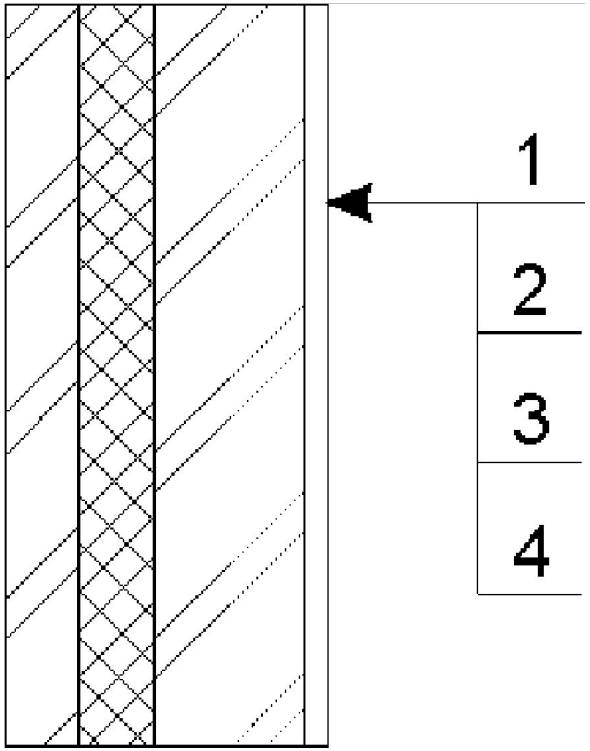


Рис.3
Расчётная схема

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

№ п/п	Наименование материала	γ_0, кг/м^3	δ, м	λ ,Вт/(м·°С)	R, м^2·°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]:

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

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

$R^{тр}_{о} = aГСОП_{d} + b = 0,00035 \cdot 6160,1 + 1,4 = 3,56$ м$^2 \cdot$°С/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, м²·°С/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 $R_o^{усл} = R_o^{норм} / r$;

следовательно,

- $R_o^{усл} = 3{,}56/0{,}74 = 4{,}81$ м²·°С /Вт
- $R_o^{усл} = R_в + R_k + R_н$,

отсюда

$R_к = R_o^{усл.} - (Rв + Rн)$ = 4,81- (1/8,7 + 1/23) = 4,652 м²·°С /Вт

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

$$R_{к} = R_1 + R_2 + R_{ут} + R_4$$

- Определяем термическое сопротивление утеплителя:

$$R_{ут} = R_{к} - (R_1 + R_2 + R_4)$$

= 4,652 – (0,019 + 0,731 + 0,207) = 3,695 м²·°С/Вт.

Находим толщину утеплителя:

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

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

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

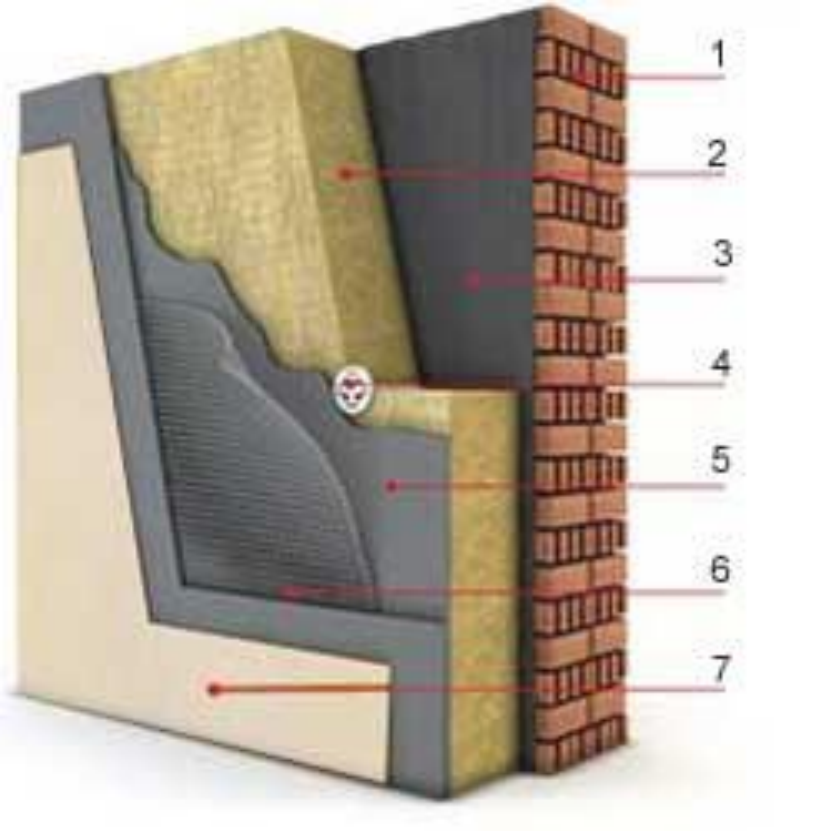
Производим проверку с учетом принятой толщины утеплителя:

$R_o^{пр} = (R_{si} + R_1 + R_2 + R_{ym} + R_4 + R_{se}) =$ 0,74 (1/8,7 + 0,019 + 0,731 + 0,2/0,052 + 0,207 + 1/23) = 3,67 м²·°С/Вт.

Условие $R_o^{пр}$ = 3,67 > = 3,56 м²·°С/Вт выполняется.

КОНСТРУКЦИИ СТЕН:

наружное утепление: система тонкослойная штукатурка $a_н$ = 23 Вт/м²·°С



1 – несущая стена

2 – теплоизоляция минвата или пенопласт

3 – первичный клеевой слой

4 – фасадный дюбель

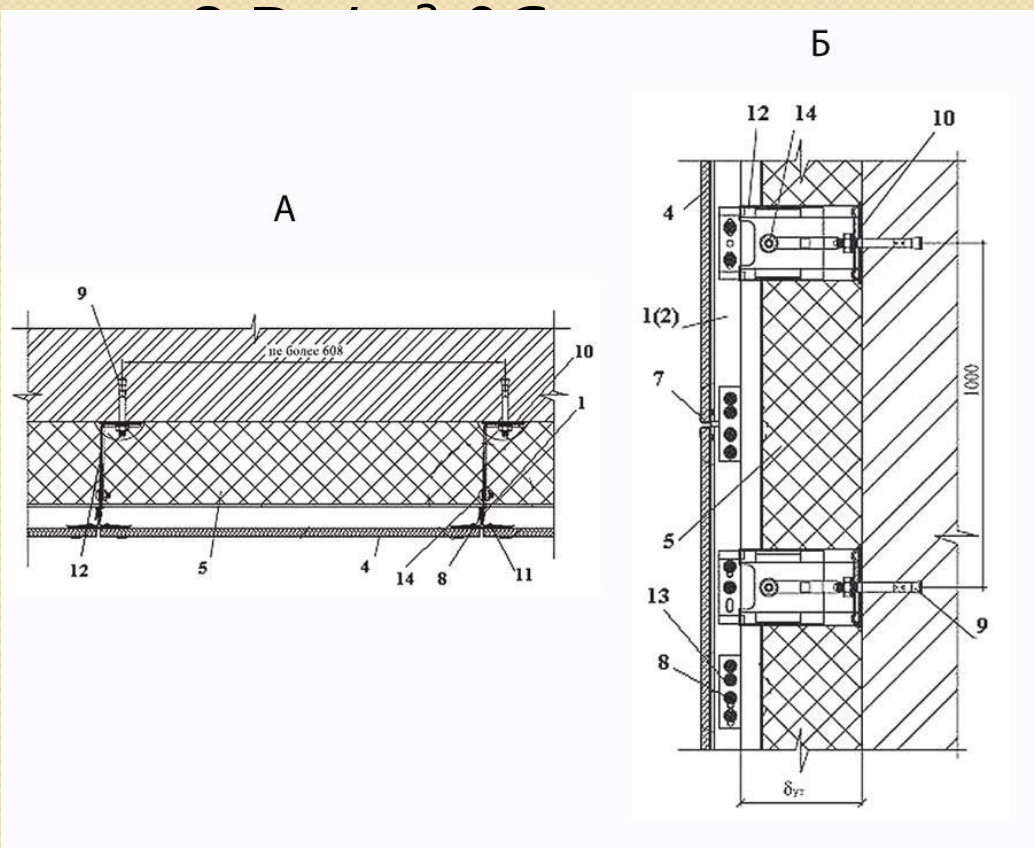
5 – армирующая сетка

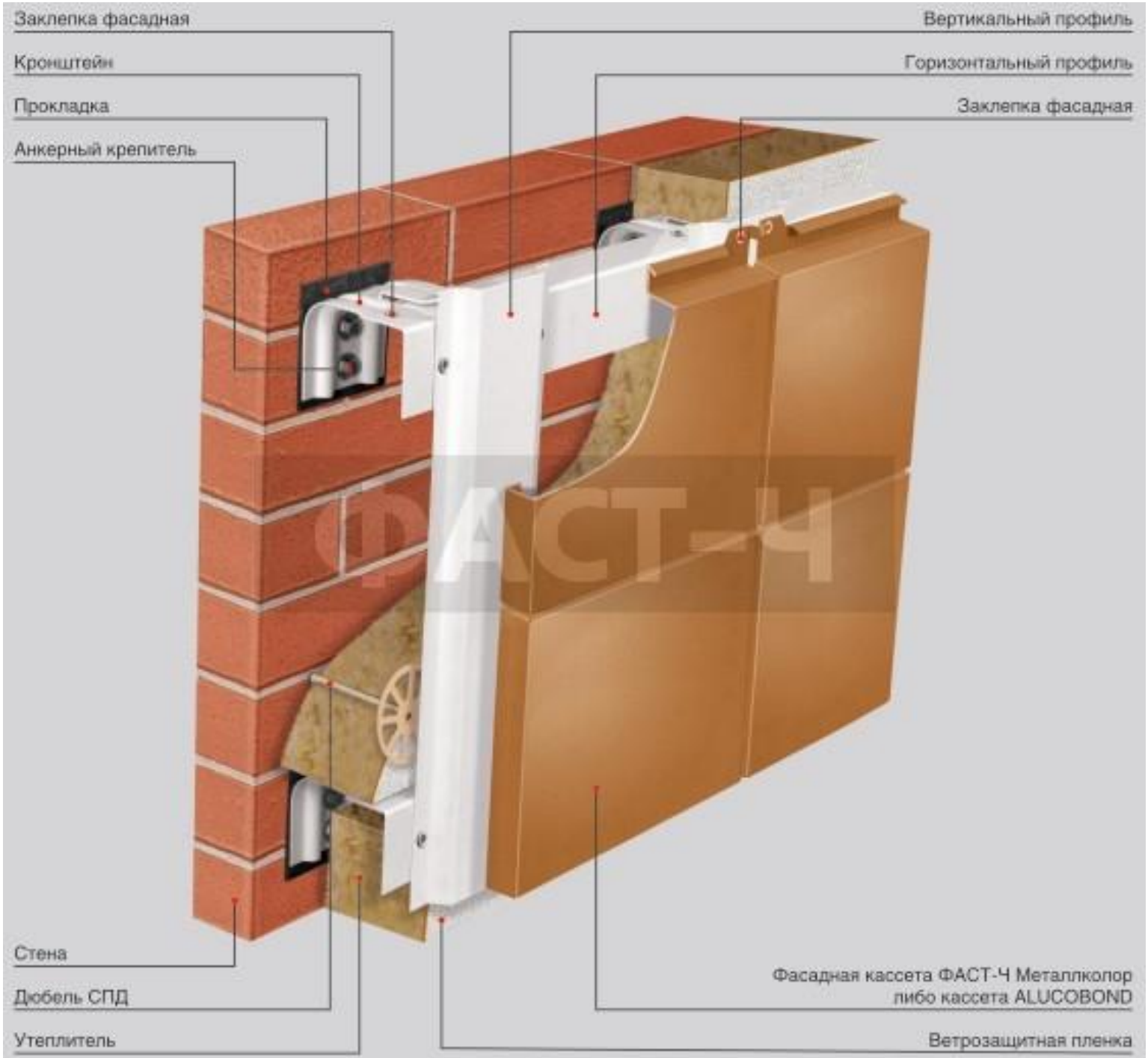
6 – слой штукатурки

7 – декоративная штукатурка

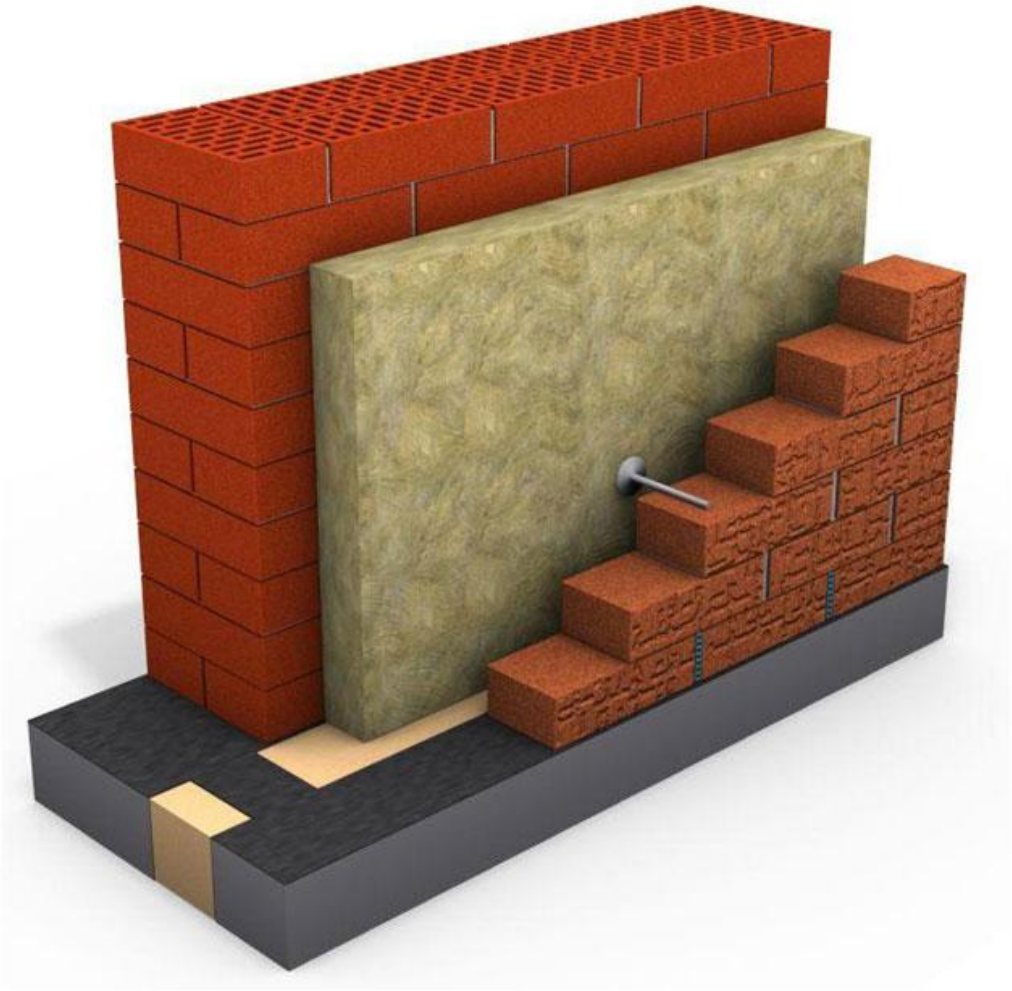
КОНСТРУКЦИИ СТЕН:

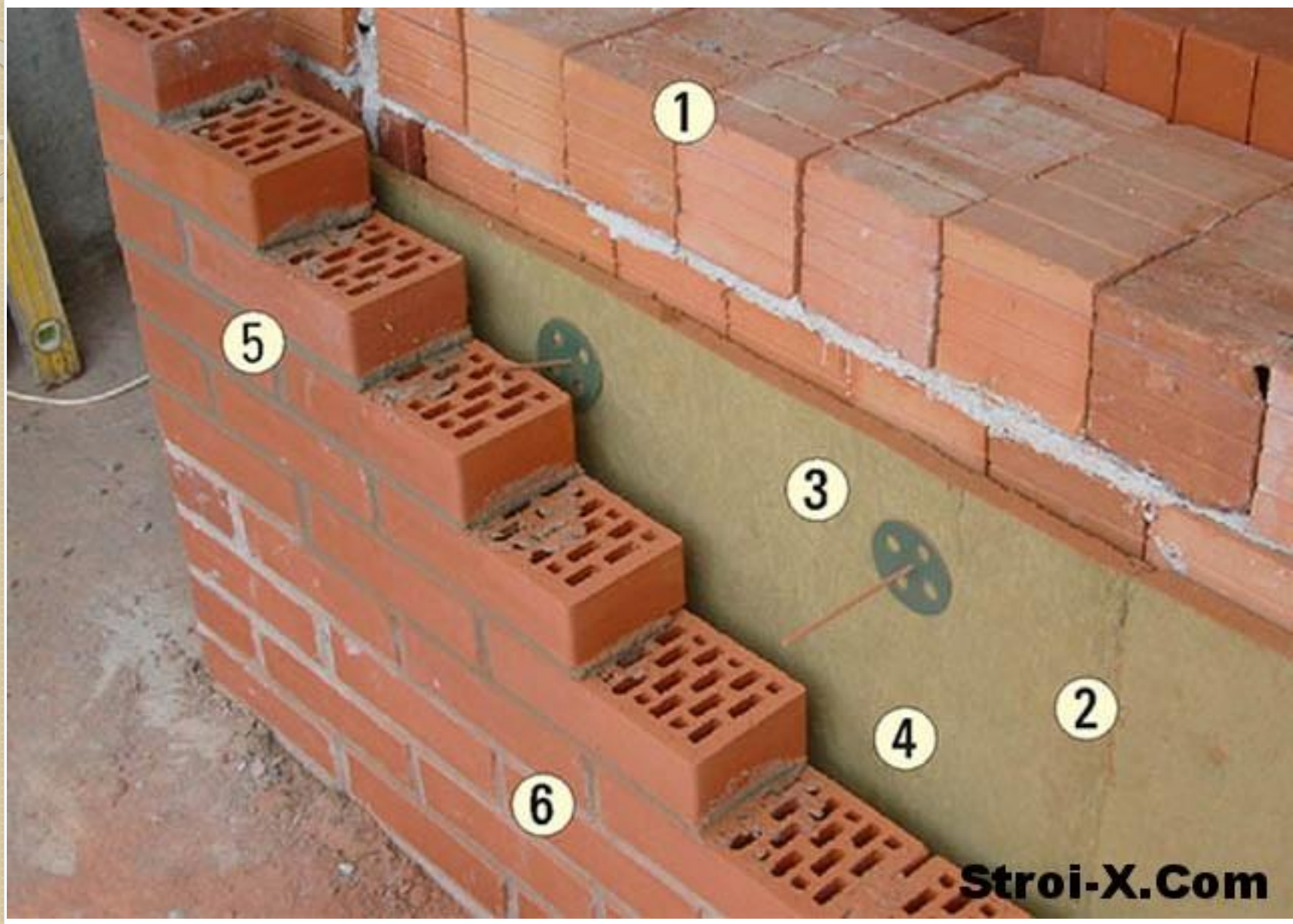
Наружное утепление: система вентилируемый фасад $a_н$




Заклепка фасадная
Кронштейн
Прокладка
Анкерный крепитель
Вертикальный профиль
Горизонтальный профиль
Заклепка фасадная
ФАСТ-Ч
Стена
Дюбель СПД
Утеплитель
Фасадная кассета ФАСТ-Ч Металлколор
либо кассета ALUCOBOND
Ветрозащитная пленка

Конструкции стен: утепление внутри кладки



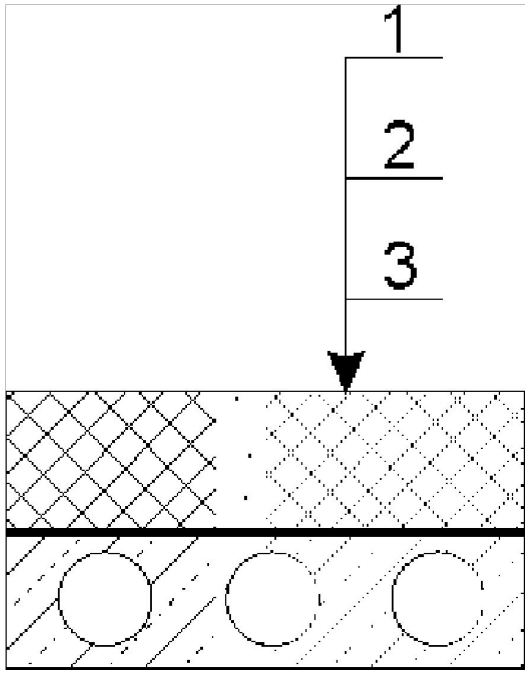

1
2
3
4
5
6
Stroi-X.Com

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 α_{int} = 8,7 Вт/м²·°С [2].
- Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения α_{ext} = 12 Вт/м²·°С [2].



Расчётная схема

Чердачное перекрытие состоит из конструктивных слоев, приведенных в таблице.

№ п/п	Наименование материала (конструкции)	γ_0, кг/м^3	δ, м	λ ,Вт/(м·°С)	R, м^2·°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]:

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

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

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

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 $R_к$

$R_к = R_{req} - (R_{si} + R_{se})$ = 4,67 – (1/8,7 + 1/12) = 4,67 – 0,197 = 4,473 м²·°С/Вт.

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

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

- где $R_{ж.б}$ – термическое сопротивление железобетонной плиты перекрытия, величина которого согласно [9] составляет 0,142 м²·°С/Вт для условий эксплуатации «Б» и 0,147 м²·°С/Вт - условий эксплуатации «А».
- $R_{п.и}$ – термическое сопротивление слоя пароизоляции;
- $R_{ут}$ – термическое сопротивление утепляющего слоя.

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

= 4,473 – (0,142 + 0,005/0,17) = 4,302 м²·°С/Вт.

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

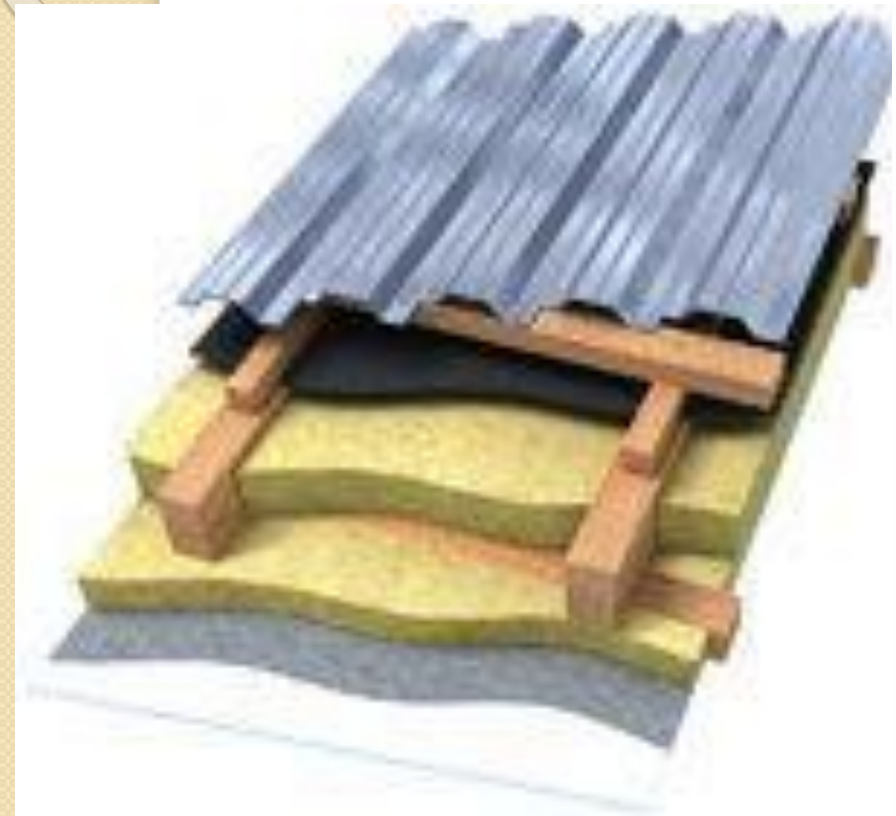
$$\delta_{ут} = R_{ут} \cdot \lambda_{ут}$$ = 4,302·0,065 = 0,280 м.

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

$R_0^{ф}$ = 1/8,7 + (0,142 + 0,005/0,17 + 0,300/0,065) + 1/12 = 4,98 м²·°С/Вт.

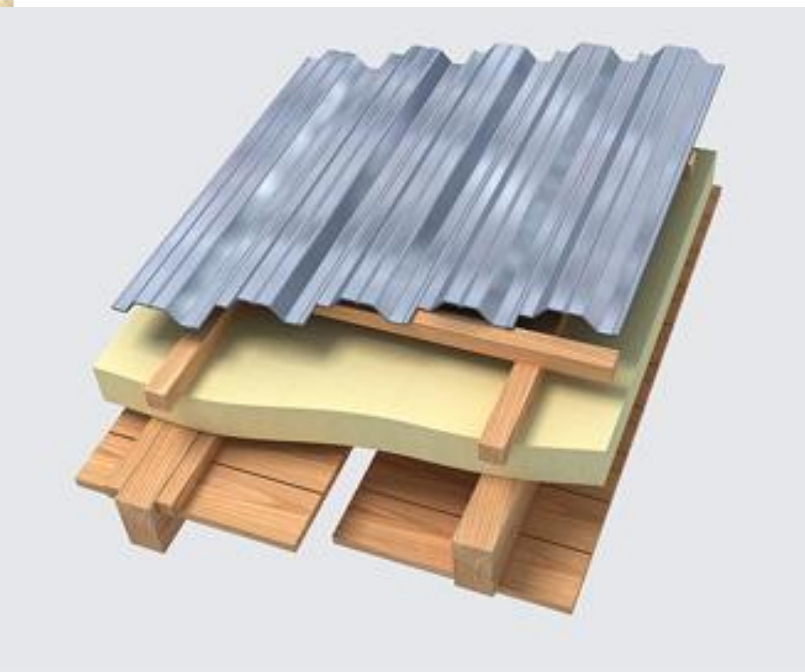
Условие $R_0^{ф}$ = 4,98 м²·°С/Вт > R_{req} = 4,67 м²·°С/Вт выполняется.

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.)

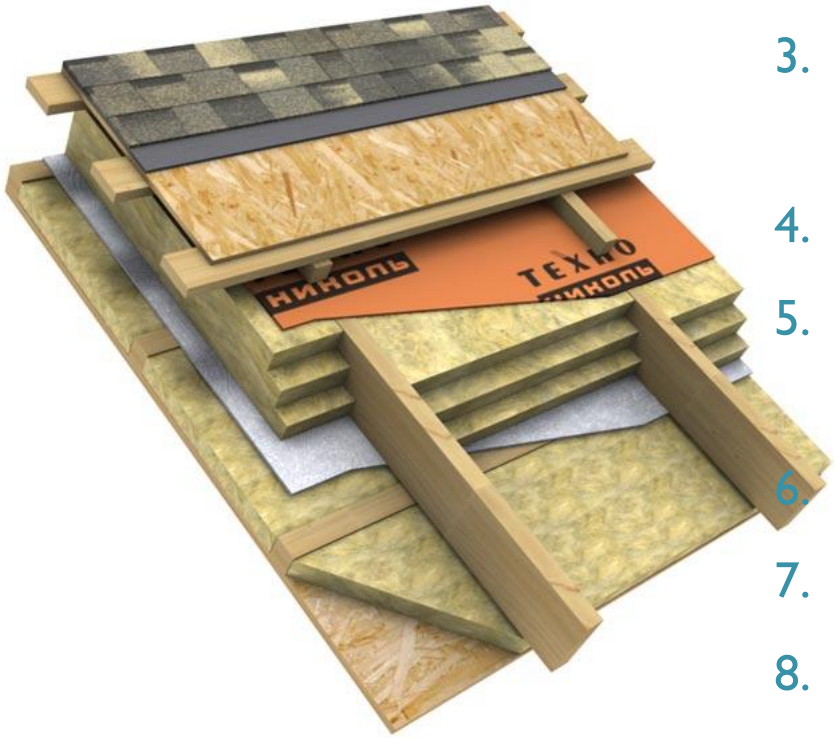
Скатные крыши с теплоизоляцией, уложенной над стропилами



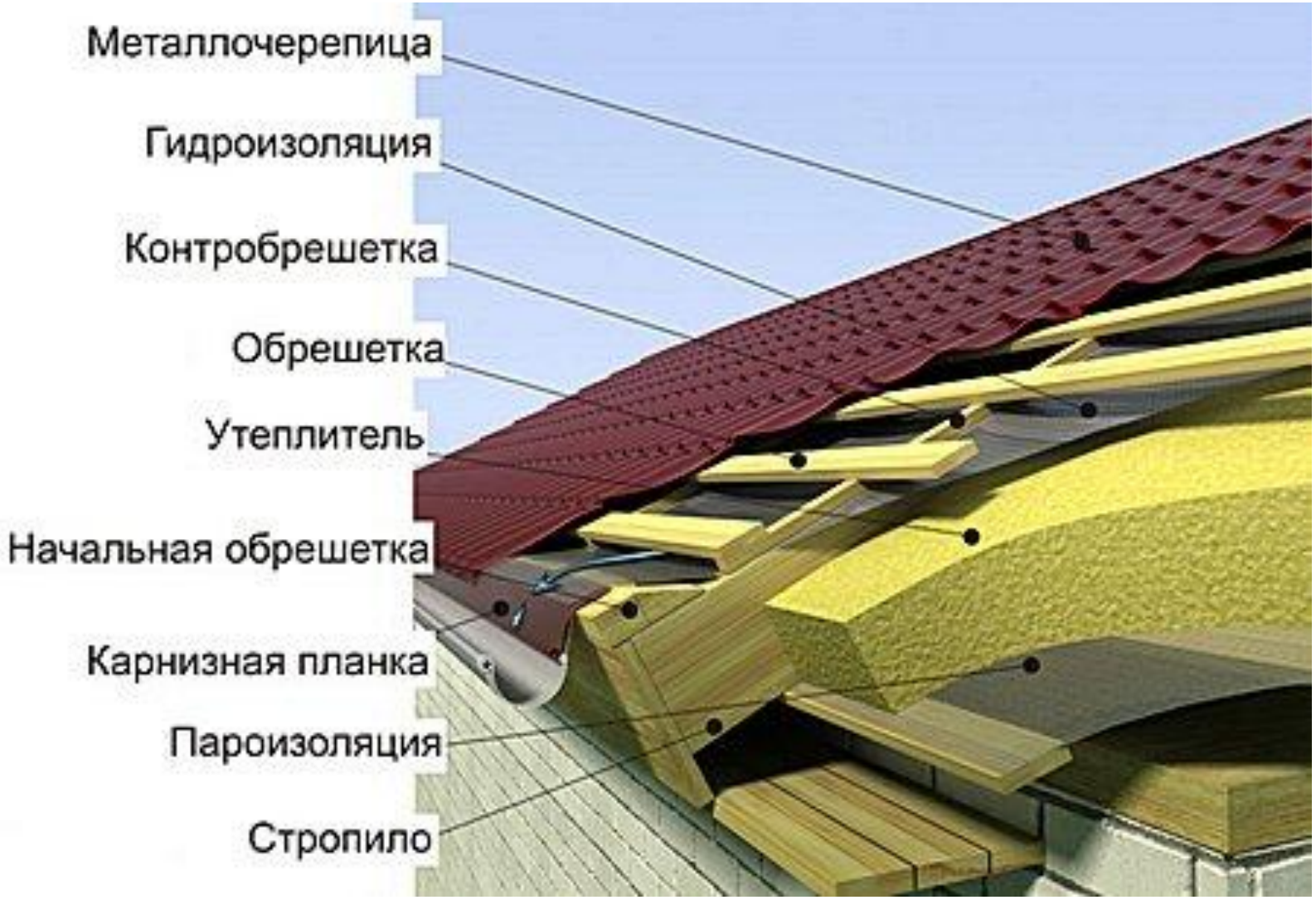
1.Кровельное покрытие
2.Вентилируемый воздушный зазор шириной 2-5 см
3.Подкровельная гидроизоляционная паропроницаемая мембрана
4.Теплоизоляция URSA XPS, уложенная над стропилами
5.Стропильная система
6.Внутренняя отделка (листы гипсокартона или фанеры, вагонка и т.п.)

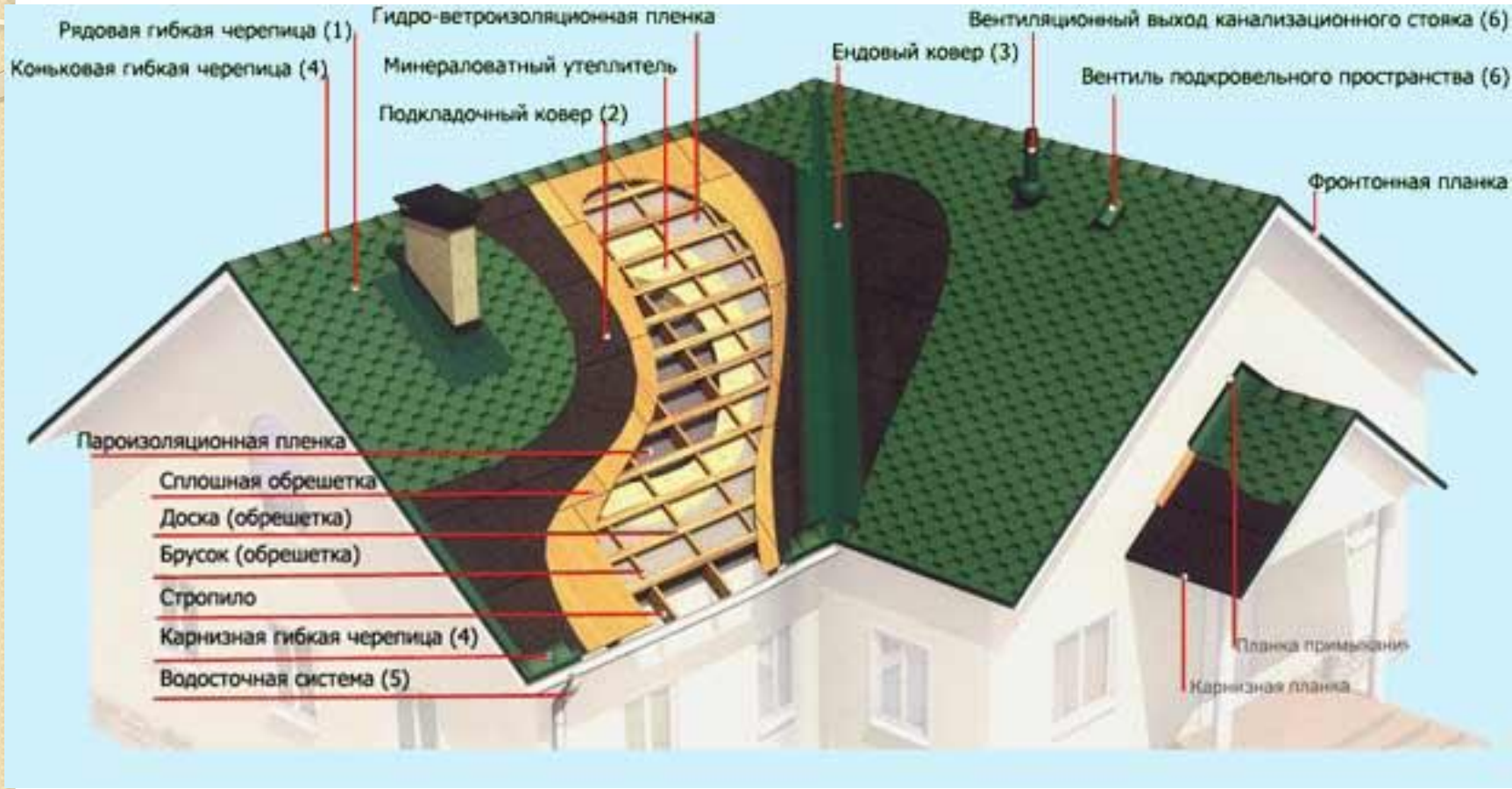
1. Кровельное покрытие
2. Обрешетка
3. Гидро- и ветрозащитная мембрана ISOVER HB
4. Теплоизоляция ISOVER Скатная Кровля
5. Стропила
6. Пароизоляция ISOVER VARIO KM Duplex UV или ISOVER VS 80
7. Внутренняя отделка (гипсокартон (например, GYPROC), вагонка, фанера)

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


Рядовая гибкая черепица (1)
Коньковая гибкая черепица (4)
Гидро-ветроизоляционная пленка
Минераловатный утеплитель
Подкладочный ковер (2)
Ендовый ковер (3)
Вентиляционный выход канализационного стояка (6)
Вентиль подкровельного пространства (6)
Фронтонная планка
Пароизоляционная пленка
Сплошная обрешетка
Доска (обрешетка)
Брусок (обрешетка)
Стропило
Карнизная гибкая черепица (4)
Водосточная система (5)
Планка примыкания
Карнизная планка