

# Расчёт теплового баланса здания

# Тепловой баланс

$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{инф} + Q_{вент} + Q_{ох} - \sum Q_{ТВ}$   
 $Q_{от}$  – количество тепла, необходимое для отопления здания, кВт;

$Q_{огр}$  – теплопотери через строительные ограждения здания, кВт;

$Q_{инф}$  – расход тепла на подогрев инфильтрующего воздуха, кВт;

$Q_{вент}$  – расход тепла на подогрев принудительно вентилируемого воздуха, кВт;

$Q_{ох}$  – расход тепла на подогрев холодных предметов, кВт;  
 $\sum Q_{ТВ}$  – тепловыделения в помещении, кВт.

# Теплопотери через ограждающие конструкции

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot n$$

$k = \frac{1}{R_0}$  - коэффициент теплоотдачи ограждающих конструкций,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$

$R_0$  - термическое сопротивление ограждающих конструкций,  $\frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$

$F$  - площадь ограждения,  $\text{м}^2$ ;

$t_{\text{в}}$  и  $t_{\text{н}}$  - расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха,  $^\circ\text{С}$ ;

$n$  - поправочный коэффициент на разность температур.

Добавочные теплопотери - север - 10%, остальные - 5%

# Выбор значения $n$

- ✓  $n = 0.80$  для чердачных перекрытий при стальной, черепичной или асбоцементной кровлях по сплошному настилу.
- ✓  $n = 0.40$  для перекрытия над подпольями, расположенными ниже  
уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с  $R_o > 0.86$
- ✓  $n = 0.75$  для перекрытия над подпольями, расположенными  
выше  
уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с  $R_o < 0.86$

# Расчёт сопротивления теплопотерям

$$R_0 = R_{\text{в}} + \sum R_{\text{с}} + R_{\text{вп}} + R_{\text{н}}$$

$\sum R_{\text{с}}$  – сумма термических сопротивлений отдельных слоев

$R_{\text{в}}$  – сопротивление теплообмену и теплоотдаче внутренней поверхности,

$R_{\text{е}} = 0.114 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$  для внутренней поверхности стен, полов, а также потолков

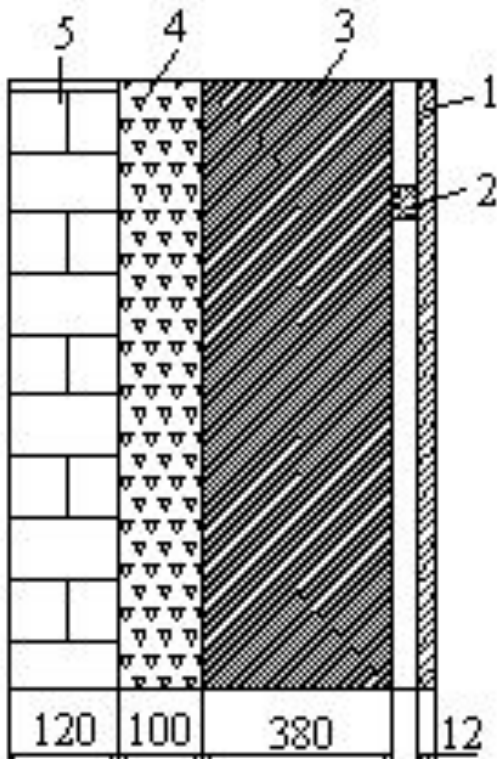
✓  $R_{\text{н}} = 0.043 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$  (наружные стены, безчердачные покрытия).

✓  $R_{\text{н}} = 0.086 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$  выходящих на чердак

$R_{\text{н}} = 0.17 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$  поверхностями над холодными подвалами и подпольями;

$R_{\text{вп}}$  – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки

# Конструкция стены



- 1. Гипсоволокнистая плита – 12 мм;
- 2. Замкнутая воздушная прослойка – 20 мм;
- 3. Арболитовые блоки – 380 мм;
- 4. Утеплитель (пенополистерол) 100 мм;
- 5. Облицовочный кирпич – 120 мм.

# Параметры слоёв стены

Гипсоволокнистая плита толщиной  $\delta_1=12$  мм,  $\lambda_1=0.21$  Вт/м·°С.

Замкнутая воздушная прослойка  $\delta_2=20$  мм,  $R_{вп} = 0.14$  м·°С/  
Вт.

Арболитовые блоки  $\delta_3=380$  мм,  $\lambda_3=0.16$  Вт/м·°С.

Утеплитель (пенополистирол)  $\delta_4=250$  мм,  $\lambda_4=0.04$  Вт/м·°С.

Облицовочный кирпич  $\delta_5=120$  мм,  $\lambda_5=0.9$  Вт/м·°С.

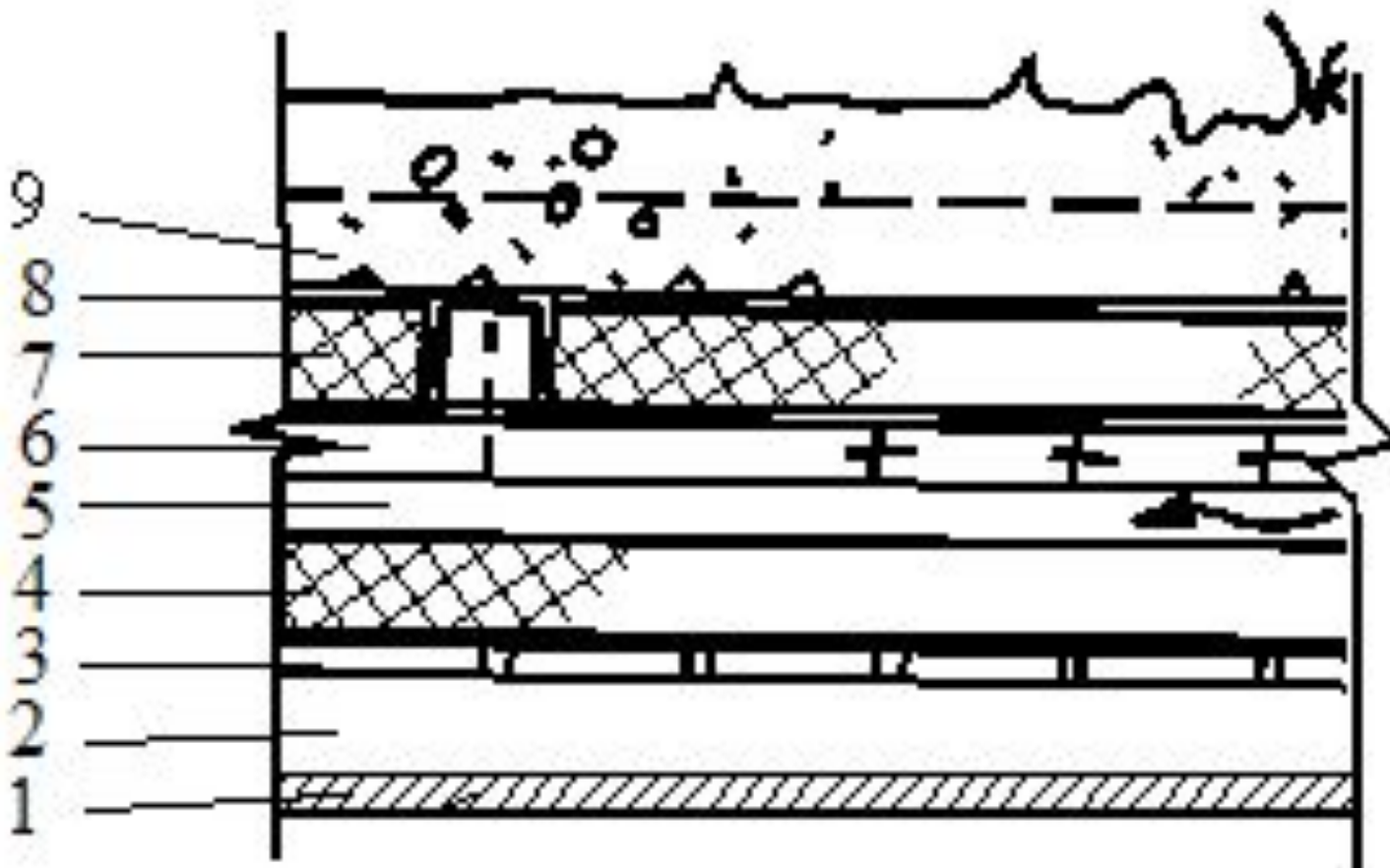
$$R_0 = (R_B + \frac{\sigma_1}{\lambda_1} + R_{\text{БП}} + \frac{\sigma_3}{\lambda_3} + \frac{\sigma_4}{\lambda_4} + \frac{\sigma_5}{\lambda_5} + R_H)$$

$$R_0 = \left( 0.014 + \frac{0.012}{0.21} + 0.14 + \frac{0.38}{0.16} + \frac{0.25}{0.04} + \frac{0.12}{0.9} + 0.043 \right) = 9 \frac{\text{M}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{BT}}$$

$$k = \frac{1}{9} = 0.111 \frac{\text{BT}}{\text{M}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$



# Разрез совмещенной кровли жилого дома



# Размеры совмещённой кровли

- 1. Гипсоволокнистая плита – 12 мм;
- 2. Черепной брусок 50x50;
- 3. Сплошной настил толщиной 20 мм;
- 4. Утеплитель плиты теплоизоляционные ПНТВ 50 мм;
- 5. Замкнутая воздушная прослойка ;
- 6. Сплошной настил из шпунтованных досок 30x150 с гидроизоляцией;
- 7. Утеплитель плиты теплоизоляционные ПНТВ 60 мм;
- 8. Мембрана кровельной системы “IMPER”;
- 9. Растительный слой 100 мм.

# Параметры совмещённой кровли

Гипсоволокнистая плита  $\delta_1=12$  мм;  $\lambda_1=0.21$  Вт/м·°С.

Замкнутая воздушная прослойка  $R_{вп}=0.14$  м<sup>2</sup>·°С/Вт

Сплошной настил  $\delta_3=20$  мм,  $\lambda_3=0.18$  Вт/м·°С.

Утеплитель  $\delta_4=50$  мм,  $\lambda_4=0.07$  Вт/м·°С

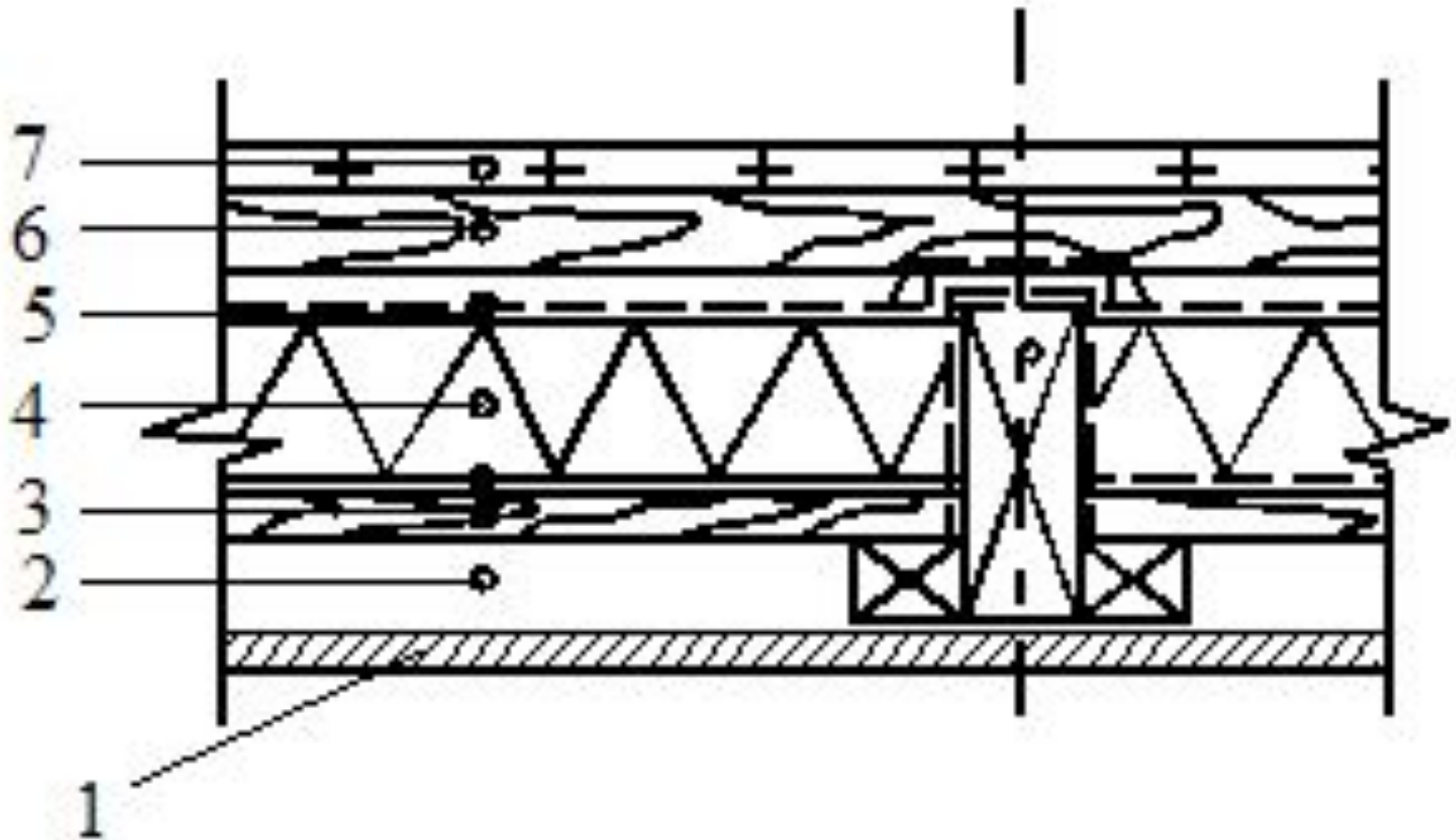
Замкнутая воздушная прослойка  $R_{вп}=0.14$  м<sup>2</sup>·°С/Вт

Сплошной настил из досок,  $\delta_6=30$  мм,  $\lambda_6=0.18$  Вт/м·°С.

Утеплитель  $\delta_7=60$  мм,  $\lambda_7=0.07$  Вт/м·°С

Растительный слой  $\delta_8=100$  мм,  $\lambda_8=0.73$  Вт/м·°С.

# Конструкция потолка



# Параметры потолка

- Гипсоволокнистая плита  $\delta_1=12$  мм,  $\lambda_1=0.21$  Вт/м·°С.
- Замкнутая воздушная прослойка  $\delta_2=40$  мм,  $R_{вп}=0.14$  м<sup>2</sup>·°С/Вт)
- Дощатый настил  $\delta_3=20$  мм,  $\lambda_3=0.18$  Вт/м·°С.
- Утеплитель  $\delta_4=80$  мм,  $\lambda_4=0.07$  Вт/м·°С
- Полосовая прокладка ДСП  $\delta_5=11$  мм,  $\lambda_5=0.15$  Вт/м·°С.
- Замкнутая воздушная прослойка  $\delta_6=40$  мм,  $R_{вп}=0.14$  м<sup>2</sup>·°С/Вт+18°С
- Шпунтованные доски  $\delta_7=22$  мм,  $\lambda_7=0.18$  Вт/м·°С.

# Термическое сопротивление потолка

$$R_0 = (R_B + \frac{\sigma_1}{\lambda_1} + R_{\text{ВП}} + \frac{\sigma_3}{\lambda_3} + \frac{\sigma_4}{\lambda_4} + \frac{\sigma_5}{\lambda_5} + R_{\text{ВП}} + \frac{\sigma_7}{\lambda_7} + R_H)$$

$$R_0 = \left( 0.114 + \frac{0.012}{0.21} + 0.14 + \frac{0.02}{0.18} + \frac{0.08}{0.07} + \frac{0.011}{0.15} + 0.14 + \frac{0.02}{0.18} + 0.086 \right) =$$

2.15  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$

$$k = \frac{1}{2.15} = 0.46 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

# Разрез кровли под коллектором

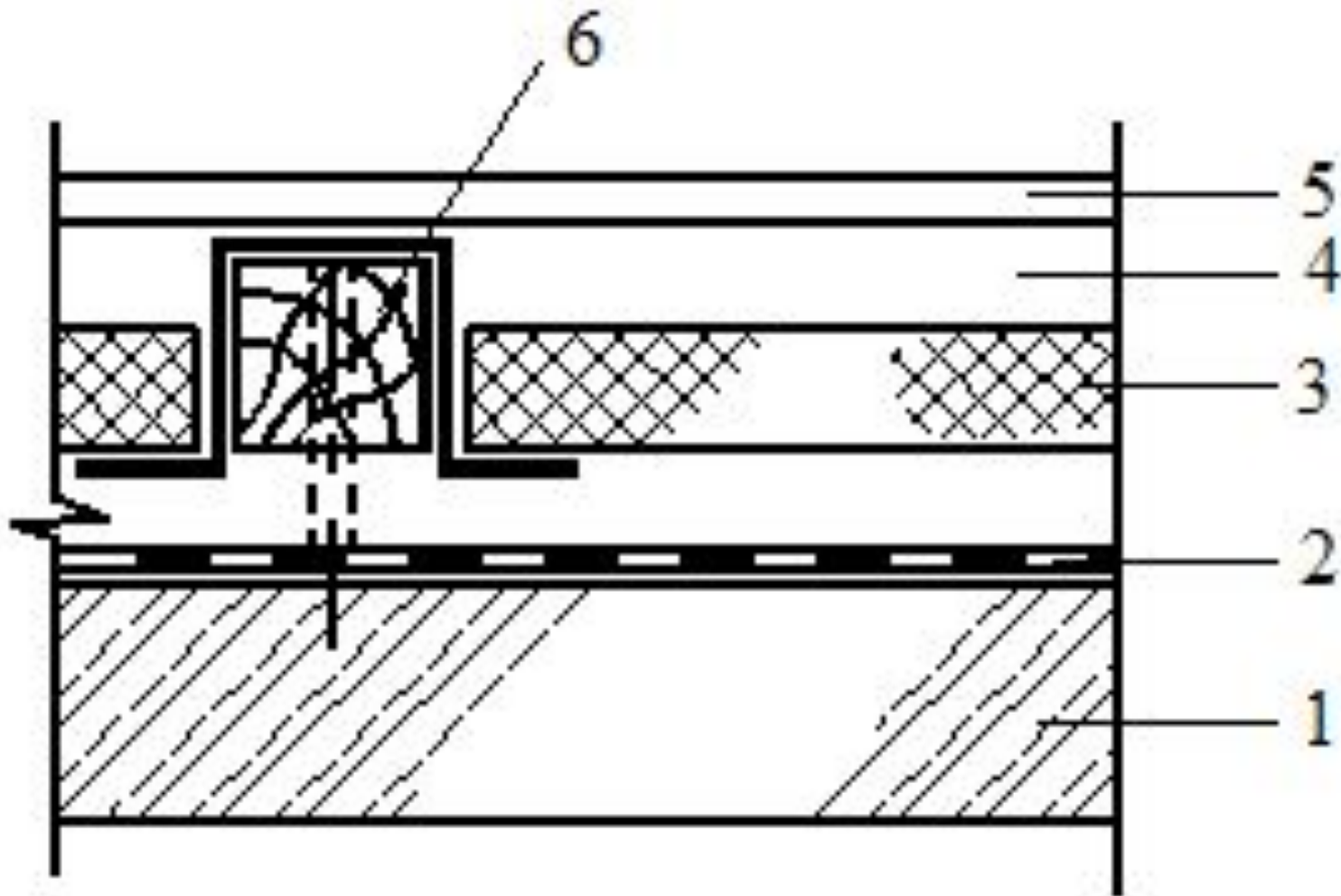


# Параметры кровли под коллектором

- Гипсоволокнистая плита  $\delta_1=12$  мм,  $\lambda_1=0.21$  Вт/м·°С.
- Замкнутая воздушная прослойка +18°С
- $\delta_2=50$  мм,  $R_{вп}=0.14$  м<sup>2</sup>·°С/Вт
  
- Сплошной настил из досок  $\delta_3=20$  мм,  $\lambda_3=0.18$  Вт/м·°С.
- 
- Утеплитель  $\delta_4=50$  мм,  $\lambda_4=0.07$  Вт/м·°С
  
- Не вентилируемая воздушная прослойка  $\delta_5=30$  мм;  $R_{вп}=0.14$  м<sup>2</sup>·°С/Вт
- Сплошной настил из досок  $\delta_6=30$  мм,  $\lambda_6=0.18$  Вт/м·°С.
- Утеплитель  $\delta_7=100$  мм,  $\lambda_7=0.07$  Вт/м·°С
- Воздушная прослойка  $\delta_8=50$  мм;  $R_{вп}=0.14$  м<sup>2</sup>·°С/Вт
- Металлический профиль



# Разрез пола первого этажа



# Конструкция пола

- 1) – Монолитное перекрытие 120 *мм*;
- 2) – пароизоляция - битумная мастика с двумя армирующими прокладками из стеклосетки, выравнивающая смесь
- 3) – Рулонные маты из стекловаты толщиной 50 *мм*;
- 4) – Замкнутая воздушная горизонтальная прослойка 100 *мм*;
- 5) – Шпунтованные доски (сосна) толщиной 25 *мм*;
- 6) – Лага 100x100мм.

# Параметры пола

- Шпунтованные доски  $\delta_1=25$  мм,  $\lambda_1=0.18$  Вт/м·°С.
- Замкнутая воздушная прослойка  $\delta_2=100$  мм,  $R_2=0.2$  м<sup>2</sup>·°С/Вт (при потоке теплоты сверху вниз, температура в прослойке положительная).
- Рулонные маты из стекловаты  $\delta_3=50$  мм,  $\lambda_3=0.07$  Вт/м·°С.
- Монолитное перекрытие  $\delta_1=120$  мм,  $\lambda_1=0.16$  Вт/м·°С.

# Расчёт теплопотерь

- потери тепла через двери.

В доме установлены двойные деревянные входные двери.

$$k = 2.33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Q^{\text{входная}} = 2.33 \cdot 2.9 \cdot (20 + 20) \cdot 1 = 274.19 \text{ Вт}$$

$$\sum Q^{\text{огр.конструкции}} = Q^{\text{стены}} + Q^{\text{окна}} + Q^{\text{двери}} + Q^{\text{кровля}} + Q^{\text{потолок}} + Q^{\text{пол}}$$

Стены – 718,58 Вт; Окна – 3561,68 Вт;

Двери – 274,26 Вт;

Кровля – 864,35 Вт; Потолок – 736,66 Вт;

Пол – 40,12 Вт.