

Кровельный Центр «*Кровельный Мастер*»

Кровельные материалы. Продажа, расчёт, доставка, монтаж, техническая консультация.

Мягкая черепица (гибкая черепица) Katepal, Tegola, ИКО; натуральная черепица Braas, Sea Wave; металлочерепица; волновые листы Ондулин; паро- и гидроизоляция Juta; ветрозащита Tyvek; утеплитель Rockwool, Isover; водосток; сайдинг; мансардные окна Velux.

Полный комплекс услуг по устройству кровли (плоские и скатные крыши, жесткая и мягкая кровля): укладка и ремонт всех видов кровель; комплексное решение кровельных задач с применением современных кровельных материалов и технологий; подбор кровельного материала, обеспечивающего максимальный комфорт и тишину в Вашем доме; надстройка мансардных этажей и переоборудование нежилых чердаков в светлые и уютные мансарды.

www.roofmaster.ru

т. (095) 739-97-63

т. (095) 510-77-26

т. (095) 510-77-28

Расчет потенциального промерзания – протаивания в многослойной насыпи и основании

Ниже приводится программа «Пеноплэкс-1а», выполненная в стандартном программном продукте Mathcad-2000 “Prof”¹, в которой приняты следующие обозначения:

а) задаваемые величины

t_{per} - годовой период;
 T_{av} - среднегодовая температура воздуха;
 A - годовая амплитуда среднемесячных температур воздуха;
 H_{sn} - толщина снега;
 t - температура;
 τ - время;
 S_s - сумма положительных градусосекунд;
 S_w - то же, отрицательных
 τ_s - продолжительность лета;
 τ_w - то же, зимы;
 t_{us} - средняя температура воздуха;
 t_{uw} - то же, среднезимняя;
 h_i - толщина i -го слоя в насыпи (i отсчитывается сверху вниз);
 w_i - объемная влажность i -го слоя;
 λT_i и λF_i - коэффициент теплопроводности талого и мерзлого i -го слоя;
 cT_i и cF_i - объемная теплоемкость талого и мерзлого i -го слоя;

б) рассчитываемые величины

$STLE$ - протаивание в насыпи и основании
 $SFLE$ - то же, промерзание без снега на поверхности
 $SFLN$ - промерзание в естественных условиях (вне насыпи)
 $STLN$ - то же, протаивание
 $SFLE1$ - промерзание в насыпи и основании со снегом на поверхности

¹Mathcad – 2000 “Prof” является продукцией корпорации Mathsoft. Поставляемую Mathsoft продукцию можно приобрести либо у Корпорации СофтЛайн (эксклюзивного дистрибутора Mathsoft в России), либо у ее дилеров

❖ URL электронного магазина программных продуктов СофтЛайн <http://www.softline.su>;
 ❖ тел/факс (095) 232-00-23 (многоканальный); e-mail: root@softline.msk.su

ПЕНОПЛЭКС –1а.

$$L := 332 \cdot 10^6 \cdot \frac{\text{joule}}{\text{m}^3} \quad \tau_{\text{per}} := 365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \text{sec} \quad T_{\text{av}} := 0 \cdot \text{K} \quad A := 10 \cdot \text{K} \quad H_{\text{sn}} := 0.5 \cdot \text{m}$$

$$t(\tau) := T_{\text{av}} + \frac{A}{2} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot \tau}{\tau_{\text{per}}}\right) \quad \alpha := \text{asin}\left(\frac{-2 \cdot T_{\text{av}}}{A}\right)$$

$$S_s := \frac{A \cdot \tau_{\text{per}}}{2 \cdot \pi} \cdot \left| \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot T_{\text{av}}}{A}\right)^2} + \frac{T_{\text{av}}}{A} \cdot (\pi - 2 \cdot \alpha) \right|$$

$$S_w := \frac{A \cdot \tau_{\text{per}}}{2 \cdot \pi} \cdot \left| \frac{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot T_{\text{av}}}{A}\right)^2}}{2} + \frac{T_{\text{av}} \cdot \alpha}{A} \right| + \frac{A \cdot \tau_{\text{per}}}{2 \cdot \pi} \cdot \left| \frac{-\left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot T_{\text{av}}}{A}\right)^2}\right]}{2} + \frac{T_{\text{av}} \cdot (\pi + \alpha)}{A} \right|$$

$$\tau_s := \frac{\pi - 2 \cdot \alpha}{2 \cdot \pi} \cdot \tau_{\text{per}} \quad \tau_w := \frac{\pi + 2 \cdot \alpha}{2 \cdot \pi} \cdot \tau_{\text{per}} \quad t_{us} := \frac{S_s}{\tau_s} \quad t_{uw} := \frac{-S_w}{\tau_w}$$

$$S_s = 5.019 \times 10^7 \text{ s K} \quad t_{uw} = -3.183 \text{ K} \quad t_{us} = 3.183 \text{ K} \quad \tau_s = 1.577 \times 10^7 \text{ s} \quad \tau_w = 1.577 \times 10^7 \text{ s}$$

$$S_w = 5.019 \times 10^7 \text{ s K} \quad N := 7 \quad i := 1..N$$

$$h_i := \begin{cases} 0 \cdot \text{m} & \text{if } i = 1 \\ 0.3 \cdot \text{m} & \text{if } i = 2 \\ 0.1 \cdot \text{m} & \text{if } i = 3 \\ 0.3 \cdot \text{m} & \text{if } i = 4 \\ 0.1 \cdot \text{m} & \text{if } i = 5 \\ 0.9 \cdot \text{m} & \text{if } i = 6 \\ 6.0 \cdot \text{m} & \text{if } i = 7 \end{cases} \quad w_i := \begin{cases} 0.05 & \text{if } i = 1 \\ 0.17 & \text{if } i = 2 \\ 0.03 & \text{if } i = 3 \\ 0.17 & \text{if } i = 4 \\ 0.03 & \text{if } i = 5 \\ 0.17 & \text{if } i = 6 \\ 0.17 & \text{if } i = 7 \end{cases}$$

$$\lambda T_i := \begin{cases} \left(1.8 \cdot \frac{W}{m \cdot K}\right) & \text{if } i = 1 \\ \left(1.8 \cdot \frac{W}{m \cdot K}\right) & \text{if } i = 2 \\ \left(0.03 \cdot \frac{W}{m \cdot K}\right) & \text{if } i = 3 \\ \left(1.8 \cdot \frac{W}{m \cdot K}\right) & \text{if } i = 4 \\ \left(0.03 \cdot \frac{W}{m \cdot K}\right) & \text{if } i = 5 \\ \left(1.8 \cdot \frac{W}{m \cdot K}\right) & \text{if } i = 6 \\ \left(1.8 \cdot \frac{W}{m \cdot K}\right) & \text{if } i = 7 \end{cases} \quad \lambda F_i := \begin{cases} 2 \cdot \frac{W}{m \cdot K} & \text{if } i = 1 \\ 2.2 \cdot \frac{W}{m \cdot K} & \text{if } i = 2 \\ 0.03 \cdot \frac{W}{m \cdot K} & \text{if } i = 3 \\ 2.2 \cdot \frac{W}{m \cdot K} & \text{if } i = 4 \\ 0.03 \cdot \frac{W}{m \cdot K} & \text{if } i = 5 \\ 2.2 \cdot \frac{W}{m \cdot K} & \text{if } i = 6 \\ 2.2 \cdot \frac{W}{m \cdot K} & \text{if } i = 7 \end{cases}$$

$$c T_i := \begin{cases} \left[2 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 1 \\ \left[2 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 2 \\ \left[0.06 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 3 \\ \left[2 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 4 \\ \left[0.06 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 5 \\ 2 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right) & \text{if } i = 6 \\ 2 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right) & \text{if } i = 7 \end{cases} \quad c F_i := \begin{cases} \left[2 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 1 \\ \left[1.6 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 2 \\ \left[0.06 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 3 \\ \left[1.6 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 4 \\ 0.06 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right) & \text{if } i = 5 \\ \left[1.6 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 6 \\ \left[1.6 \cdot \left(10^6 \cdot \frac{J}{m^3 \cdot K}\right)\right] & \text{if } i = 7 \end{cases}$$

ПРОТАИВАНИЕ в насыпи (STLE)

$$\tau_0 := 0 \cdot s \quad h_0 := 0 \quad \lambda T_0 := \lambda T_1 \quad a := 2 \quad N := 7 \quad i := 1..N$$

$$s_i := \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\lambda T_i}{\lambda T_j} \cdot h_j \quad \beta_i := \frac{w_i \cdot L}{c T_i \cdot \tau_{us} + w_i \cdot L} \quad \tau_{us} = 1.577 \times 10^7 s$$

$$\tau_i := \tau_{i-1} + \frac{cT_i \cdot \text{tus} + w_i \cdot L}{2 \cdot \lambda T_i \cdot \text{tus}} \cdot h_i \cdot (h_i + \beta_i \cdot s_i) \cdot a$$

$$\tau_i =$$

0
9.866·10 ⁵
2.102·10 ⁶
2.171·10 ⁷
2.392·10 ⁷
1.445·10 ⁸
1.337·10 ⁹

$$\tau T_i := \begin{cases} 0 & \text{if } \tau_{i-1} \geq \tau_s \\ \lceil ((\tau_s - \tau_{i-1})) \rceil & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\tau T_i =$$

1.577·10 ⁷
1.577·10 ⁷
1.478·10 ⁷
1.367·10 ⁷
0
0
0

$$uT_i := \begin{cases} h_i & \text{if } \tau_i \leq \tau_s \\ \left\lceil \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda T_i \cdot \text{tus} \cdot \tau T_i}{cT_i \cdot \text{tus} + w_i \cdot L} + (\beta_i \cdot s_i)^2} - \beta_i \cdot s_i \right\rceil & \text{if } \tau_i > \tau_s \end{cases}$$

$$\text{STLE} := \sum_{i=1}^N uT_i$$

$$\text{STLE} = 0.616\text{m}$$

$$uT_i =$$

0
0.3
0.1
0.216
0
0
0

$$h_i =$$

0
0.3
0.1
0.3
0.1
0.9
6

ПРОМЕРЗАНИЕ под оголенной поверхностью SFLE в насыпи

$$N := 7 \quad i := 1..N \quad \tau_{l_0} := 0 \cdot \text{sec} \quad h_0 := 0 \quad \lambda F_0 := \lambda F_1$$

$$sF_i := \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\lambda F_i}{\lambda F_j} \cdot h_j \quad \beta_{l_i} := \frac{w_i \cdot L}{cF_i \cdot |tuw| + w_i \cdot L}$$

$$\tau_{l_i} := \tau_{l_{i-1}} + \frac{cF_i \cdot |tuw| + w_i \cdot L}{2 \cdot \lambda F_i \cdot |tuw|} \cdot h_i \cdot (h_i + \beta_{l_i} \cdot sF_i) \cdot a$$

$$\tau F_i := \begin{cases} 0 & \text{if } \tau l_{i-1} \geq \tau w \\ ((\tau w - \tau l_{i-1})) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \tau w = 1.577 \times 10^7 \text{ s}$$

$$\tau F_i =$$

1.577·10 ⁷	s
1.577·10 ⁷	
1.498·10 ⁷	
1.387·10 ⁷	
0	
0	
0	

$$u F_i := \begin{cases} h_i & \text{if } \tau l_i \leq \tau w \\ \left[\sqrt{\frac{2 \cdot \lambda F_i \cdot |tuw| \cdot \tau F_i}{c F_i \cdot |tuw| + w_i \cdot L} + (\beta l_i \cdot s F_i)^2} - (\beta l_i \cdot s F_i) \right] & \text{if } \tau l_i > \tau w \end{cases}$$

$h_i =$	$u F_i =$
0 m	0 m
0.3	0.3
0.1	0.1
0.3	0.222
0.1	0
0.9	0
6	0

$$SFLE := \sum_{i=1}^N u F_i \quad SFLE = 0.622 \text{ m}$$

Промерзание (SFLN) и протаивание (STLN) в натуре (N-natural) однослойное под снегом
dl – dimensionless coefficient

$$dl := 1 \cdot \text{m} \quad Hsndl := \frac{Hsn}{dl} \quad tuw1 := \frac{tuw}{1 + 4 \cdot Hsndl} \quad tuw1 = -1.061 \text{ K}$$

$$SFLN := \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda F_7 \cdot |tuw1| \cdot \tau w}{c F_7 \cdot |tuw1| + w_7 \cdot L}} \quad SFLN = 1.125 \text{ m} \quad STLN := \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda T_7 \cdot tus \cdot \tau s}{c T_7 \cdot tus + w_7 \cdot L}} \quad STLN = 1.696 \text{ m}$$

ПРОМЕРЗАНИЕ НАСЫПИ ПОД СНЕГОМ SFLE1

$$N := 7 \quad i := 1..N \quad \tau l l_0 := 0 \cdot \text{sec} \quad h_0 := 0 \quad \lambda F_0 := \lambda F_1 \quad \lambda F_0 = 2 \text{ kg ms}^{-3} \text{ K}^{-1}$$

$$s F l_i := \sum_{j=0}^{i-1} \frac{\lambda F_j}{\lambda F_j} \cdot h_j \quad \beta l l_i := \frac{w_i \cdot L}{c F_i \cdot |tuw1| + w_i \cdot L}$$

$$\tau l l_i := \tau l l_{i-1} + \frac{c F_i \cdot |tuw1| + w_i \cdot L}{2 \cdot \lambda F_i \cdot |tuw1|} \cdot h_i \cdot (h_i + \beta l l_i \cdot s F l_i) \cdot a$$

$$\tau F l_i := \begin{cases} 0 & \text{if } \tau l l_{i-1} \geq \tau w \\ ((\tau w - \tau l l_{i-1})) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \tau w = 1.577 \times 10^7 \text{ s}$$

$$uF1_i := \begin{cases} h_i & \text{if } \tau11_i \leq \tau w \\ \left[\sqrt{\frac{2 \cdot \lambda F_i \cdot |tuw1| \cdot \tau F1_i}{cF_i \cdot |tuw1| + w_i \cdot L} + (\beta11_i \cdot sF1_i)^2} - (\beta11_i \cdot sF1_i) \right] & \text{if } \tau11_i > \tau w \end{cases}$$

$uF1_i =$

0	m
0.3	
0.1	
0.055	
0	
0	
0	

$uT_i =$

0	m
0.3	
0.1	
0.216	
0	
0	
0	

$h_i =$

0	m
0.3	
0.1	
0.3	
0.1	
0.9	
6	

$\tau F1_i =$

$1.577 \cdot 10^7$	s
$1.577 \cdot 10^7$	
$1.353 \cdot 10^7$	
$1.025 \cdot 10^7$	
0	
0	
0	

$$SFLE1 := \sum_{i=1}^N uF1_i$$

$$SFLE1 = 0.455\text{m}$$

$$STLE = 0.616\text{m}$$

$$SFLE = 0.622\text{m}$$

$$HEM := \sum_{i=1}^6 h_i$$

$$HEM = 1.7\text{m}$$

$$SFLN = 1.125\text{m}$$

$$STLN = 1.696\text{m}$$