

3. МАТЕМИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ НА ВОЗДУШНИ КОЛЕКТОРИ

Пресметка на топлинските потреби и конструкција на сончевата сушилница

Влезни големини:

- Сончеви воздушни колектори: 2 m^2 површина, $60 \text{ m}^3/\text{h}$ за m^2
- Волумен на комората за сушење: $2,662 \text{ m}^3$ ($1,1 \times 1,1 \times 2,20$)
- Капацитет на едно полнење: 100 kg
- Материјал што треба да се суши: влезна влажност 80% и излезна 5%
- Време на сушење на пиперките: $\tau_{\text{sus}} = 15$ часа
- Време на сончево зрачење: $\tau_{\text{susS}} = 8$ часа
- Температура во сушилницата: 60°C

Топлинска пресметка на сушилницата:

Од 100 kg пиперки, треба да се извади вода во количина од:

$$m_w = m_{\text{pip}} \cdot \Delta W = 100 \cdot 0,75 = 75 \text{ kg вода}$$

Доколку при влажност од 80% се одзема 7 g вода со 1 m^3 воздух, тогаш количината на потребен

воздух изнесува:
$$V_{\text{voz}} = \frac{m_w}{0,007} = \frac{75}{0,007} = 10714 \text{ m}^3 \text{ воздух}$$

Количина на воздух на час:
$$V_{\text{vh}} = \frac{V_{\text{voz}}}{T_{\text{sus}}} = \frac{10714}{15} = 714 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Потребен број на воздушни колектори:
$$= 12 \text{ m}^2$$

Топлински биланс на сушилницата:

Потребна топлина за испарување на 75 kg вода е: $Q_{\text{isp}} = q_w \cdot m_w = 0,7 \cdot 75 = 52,5 \text{ kWh}$

Потребна топлина за загревање на пиперките до температура во сушилницата од 60°C :

$$Q_{\text{zag}} = m_{\text{pip}} \cdot c_p \cdot \Delta t = 100 \cdot 3,2 \cdot 50 = 16000 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{zag}} = 0,278 \cdot 16000 = 4,448 \text{ kWh}$$

Загуби на топлина во сушилницата низ ѕидови, под и таван:

Волумен на сушилницата: $2,662 \text{ m}^3$

Преградна површина: $A_{\text{sus}} = 12,1 \text{ m}^2$

Среден коефициент на премин на топлина: $k = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Температура во сушилницата: $t = 60^\circ\text{C}$

Надворешна температура: $t_n = 10^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{ztop}} = A_{\text{sus}} \cdot k \cdot (t_v - t_n) = 12,1 \cdot 0,5 \cdot (60 - 10) = 302,5 \text{ W}$$

Усвоена вредност: 303 W

Значи, потребната топлина на час е:

1. За загревање на производот (4 часа): $q_{\text{zag}} = \frac{Q_{\text{zag}}}{\tau_z} = \frac{4,448}{4} = 1,112 \text{ kW}$

2. За испарување (11 часа): $q_{\text{isp}} = \frac{Q_{\text{isp}}}{\tau_{\text{isp}}} = \frac{52,5}{11} = 4,77 \text{ kW}$

3. Загуби на топлина (15 часа): $q_{\text{ztop}} = 0,303 \text{ kW}$

Вкупна потребна топлина за сушилницата:

$$q_{\text{sus}} = q_{\text{zag}} + q_{\text{isp}} + q_{\text{ztop}} = 1,112 + 4,77 + 0,303 = 6,185 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{sus}} = Q_{\text{zag}} + Q_{\text{isp}} + Q_{\text{ztop}} = 4,448 + 52,5 + 4,545 = 61,493 \text{ kWh}$$

Потребна површина на воздушни колектори:

Сончевото зрачење за Штип (табела 10) за наклон на колекторите со 32° од април до октомври се движи меѓу 3910 и 6029 Wh/m^2 на ден или просечно 5304 Wh/m^2 ден, додека на годишно ниво просекот изнесува 4189 Wh/m^2 ден. Средното сончево зрачење може да се смета на 4575 Wh/m^2 ден како просек на вредностите од септември и октомври. При ефикасност на сончевите колектори од 45%, енергијата трансформирана во топлинска е:

$$Q_{\text{top}} = 4575 \cdot 0,45 = 2060 \text{ Wh / m}^2 \text{ den}$$

При сончево зрачење од 8 часови дневно, топлината добиена на час е:

$$q_{\text{top_h}} = \frac{q_{\text{top}}}{8} = \frac{2060}{8} = 258 \text{ W / m}^2$$

Потребна топлина за сушилницата: 6185 W

Потребна површина на сончеви колектори: $n_{\text{kol}} = \frac{q_{\text{sus}}}{q_{\text{top_h}}} = \frac{6185}{258} = 24 \text{ m}^2$

Табел 10 Глобално среднодневно сончево зрачење за Штип, $\text{Wh/m}^2 \text{ den}$

место	м/ агол	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	просечно
Штип	0	1489	2186	3146	4458	5391	6139	6183	5687	4387	2886	1721	1056	3735
	15	1894	2638	3532	4752	5510	6142	6279	5984	4927	3464	2176	1298	4056
	25	2118	2872	3700	4826	5451	5994	6178	6025	5153	3757	2424	1428	4166
	32	2246	2998	3771	4817	5344	5818	6029	5971	5239	3910	2565	1501	4189
	40	2361	3099	3801	4741	5152	5546	5778	5829	5262	4029	2689	1565	4159
	90	2224	2648	2777	2840	2563	2433	2618	3150	3606	3322	2483	1440	2674

Бидејќи времетраењето на процесот на сушење изнесува 15 часови, а се смета на 8 часовна расположивост на сончева енергија, тогаш може да се смета дека сончевата енергија може да придонесе со максимум 53% од вкупните потреби од топлинска енергија. Во тој случај, потребната површина на сончеви воздушни колектори изнесува 13 m^2 , за просечни услови на озрачување во месец септември и месец октомври.

Евидентно, најинтензивни потреби за топлинска енергија се појавуваат во процесот на испарување, односно 52500 Wh или 4773 Wh во тек на 1 час или приближно на просекот на дневното сончево озрачување за m^2 површина поставена под 32° за месеците септември и октомври. Во тој случај, потребната површина на воздушни колектори изнесува $18,5 \text{ m}^2$.

Табела 11 Просечно озрачување по месеци, произведена топлина од m^2 колекторска површина и еден час, потребна колекторска површина за покривање на вкупните топлински потреби и топлинските потреби во тек на 8 часа

32°	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	просечно
Wh/m ²	2246	2998	3771	4817	5344	5818	6029	5971	5239	3910	2565	1501	4189
Q _{top} Wh/m ²	1011	1349	1697	2168	2405	2618	2713	2687	2358	1760	1154	677	1885
Q _{top,h} W/m ²	126	169	212	271	301	327	339	336	295	220	144	85	236
n _{kol} m ²	49	37	29	23	21	19	18	19	21	28	43	73	26
n _{kol} m ² за исп.				18	16	15	14	14	16	22			16
уддел со14 m ²				61%	68%	74%	77%	76%	67%	50%			

Се усвојуваат: 7 колектори со површина од 14 m² и проток на воздух 840 m³/h.

Потребна површина-пресек во комората меѓу мрежите за проток на воздух од V = 840 m³/h, при брзина на струење на воздухот од 1 m/s:

$$A = \frac{V_v}{v} = \frac{840/3600}{1} = 0,233 \text{ m}^2$$

Се поставуваат 10 решетки со димензија од 1 x 1 m (1 m²) на растојание од 20 cm.

Маса во едно полнење: m_{pip} = 1 · 10 · 10 = 100 kg пиперки

Дебелина на слојот на пиперки е 5 cm.

Вкупен слој на пиперки на решетките од едно полнење е: 10 x 5 = 50 cm.

Висина на слободниот простор за движење на воздухот е:

$$H_{\text{slob}} = 2,2 - 0,5 = 1,7 \text{ m}$$

Вистинската брзина на воздухот низ решетките од комората е:

$$v_v = \frac{840/3600}{1,7} = 0,14 \text{ m/s}$$

УТВРДУВАЊЕ НА ТОПЛИНСКИ ЗАГУБИ ВО СУШАРА И ИЗБОР НА МАТЕРИЈАЛИ

Релевантни карактеристики на применетите материјали

PVC полиуретански панел:

- Коефициент на топлинско спроведување: 0,020 W/mK
- Стабилен до 60°C

EPS табла:

- Коефициент на топлинско спроведување: 0,034-0.036 W/mK
- Стабилен до 80°C, трпи краткотрајно изложување до 110°C
- Коефициент на топлинска експанзија: 5-7·10⁻⁵ 1/K (занемарливо)

LEXAN табла:

- Коефициент на топлинско спроведување: 0,21 W/mK

- Коефициент на топлинска експанзија: $70 \mu\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (од $23\text{-}80^\circ\text{C}$) / за температурна разлика од 50°C или 50K ќе се издолжи за 0.35 cm или во површина ќе се прошири за 0.1225 cm^2 за m^2
- Отпорни на удари и топлина (омекнуваат над 120°C)
- Добар топлински изолатор

Алуминиумски лим:

- Коефициент на топлинско спроведување на алуминиумски лим: 237 W/mK
- Коефициент на топлинска експанзија: $23.1 \mu\text{m}/(\text{m}\cdot\text{K})$ (при 25°C) / за температурна разлика од 50°C или 50K ќе се издолжи за 0.1155 cm или во површина ќе се прошири за 0.01334 cm^2 за m^2 .

Дефинирани работни услови:

Температура на надворешен воздух: 20°C

Температура на внатрешен воздух: 75°C

Коефициент за конвективно топлинопредавање од внатрешна и надворешна страна: $23 \text{ W/m}^2\text{K}$

Коефициент на спроведување на PVC полиуретанската табла: 0.020 W/mK

Коефициент на спроведување на EPS табла: 0.035 W/mK

Коефициент на спроведување на лексан табла: 0.21 W/mK

Коефициент на спроведување на алуминиумски лим: 237 W/mK

Вкупен коефициент на топлинска размена на преградата:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_{al}}{\lambda_{al}} + \frac{\delta_{lex}}{\lambda_{lex}} + \frac{\delta_{EPS}}{\lambda_{pvc}} + \frac{\delta_{pvc}}{\lambda_{pvc}} + \frac{1}{\alpha_n}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,0005}{237} + \frac{0,004}{0,21} + \frac{0,02}{0,035} + \frac{0,02}{0,020} + \frac{1}{23}}$$

$$= 0,596 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Топлински загуби по единица површина:

$$q = k \cdot \Delta T = 0,596 \cdot (75 - 20) = 32.788 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

Температури по слоеви

Температура на внатрешен воздух: 75°C

Температура на внатрешна страна на преградата (алуминиумски лим) t_1 :

$$t_1 = t_v - \frac{q}{k_1} = 75 - \frac{32,788}{23} = 73,57^\circ\text{C}; \quad k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v}} = 23 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Температура меѓу алуминиумски лим и лексан t_2 :

$$t_2 = t_1 - \frac{q}{k_2} = 73,57 - \frac{32,788}{474000} = 73,57^\circ\text{C}; \quad k_2 = \frac{1}{\frac{\delta_{al}}{\lambda_{al}}} = \frac{1}{\frac{0,0005}{237}} = 474000 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Температура меѓу лексан и EPS табла t_3 :

$$t_3 = t_2 - \frac{q}{k_3} = 73,57 - \frac{32,788}{52,5} = 72,95^\circ\text{C}; \quad k_3 = \frac{1}{\frac{\delta_{EPS}}{\lambda_{EPS}}} = \frac{1}{\frac{0,004}{0,21}} = 52,5 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Температура меѓу EPS табла и PVC полиуретанската табла t_4 :

$$t_4 = t_3 - \frac{q}{k_4} = 72,95 - \frac{32,788}{1,75} = 54,21^\circ\text{C}; \quad k_4 = \frac{1}{\frac{\delta_{EPS}}{\lambda_{EPS}}} = \frac{1}{\frac{0,02}{0,035}} = 1,75 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Температура на надворешна страна на преграда t_5 :

$$t_5 = t_4 - \frac{q}{k_5} = 54,21 - \frac{32,788}{1} = 21,42^\circ\text{C}; \quad k_4 = \frac{1}{\frac{\delta_{pvc}}{\lambda_{pvc}}} = \frac{1}{\frac{0,02}{0,02}} = 1 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right]$$

Преглед на температури по слоеви:

k	q	t_v	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_n
[W/m ² K]	[W/m ²]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
0.596	32.788	75.00	73.57	73.57	72.95	54.21	21.42	20.00