

Метод

за изчисляване на количеството топлина от преобразуване на слънчевата енергия при загряване на вода за битови нужди

1. Енергийният баланс на системата за загряване на вода чрез слънчева енергия за период от време един месец може да се запише в следния вид:

$$Q_u - Q_w + E = 0, \quad (7.1)$$

където:

Q_u е количеството топлина от преобразуване на слънчевата енергия в системата за загряване на вода, kWh;

Q_w – потребната енергия за загряване на водата, kWh;

E – количеството енергия, получено от допълнителния източник, kWh.

2. Дялът от потребната енергия за загряване на водата, който се покрива от слънчевата енергия, се формулира като:

$$f = \frac{(Q_w - E)}{Q_w} = \frac{Q_u}{Q_w} \quad (7.2)$$

3. Дялът f от потребната енергия се изчислява като функция на параметрите на системата по зависимостта:

$$f = 1.029.Y - 0.065.X - 0.245.Y^2 + 0.0018.X^2 + 0.0215. Y^3 \quad (7.3)$$

при $0 < Y < 3$ и $0 < X < 18$,

в която:

$$X = F_R U_L (F'_R / F_R) (\theta_{ref} - \theta_e) \Delta\tau \frac{A_c}{Q_w}$$

$$Y = F_R (\tau\alpha)_n (F'_R / F_R) [(\overline{\tau\alpha}) / (\tau\alpha)_n] \bar{H}_T N \frac{A_c}{Q_w}$$

A е площта на слънчевите колектори, m^2 ;

F_R е коефициент на ефективно отвеждане на топлината от колектора;

F'_R – коефициент на ефективно отвеждане на топлината от колектора, отчитащ и влиянието на междинния топлообменник в колекторния кръг;

U_L – коефициент на пълните топлинни загуби на колектора, W/m^2K ;

$\Delta\tau$ – брой на секундите в месеца;

$\theta_{ref} = 100$ °C – базисната температура;

θ_e – средната месечна температура на външния въздух, °C;

$(\overline{\tau\alpha})$ – средната месечна приведена поглъщателна способност на колекторите;

$(\tau\alpha)_n$ – средната месечна приведена поглъщателна способност на колекторите при перпендикулярно лъчение върху повърхността им;

\bar{H}_T – средномесечната дневна сумарна слънчева радиация върху наклонената повърхност на колекторите, J/m^2 ;

N – броят на дните в месеца;

Q_w – месечният топлинен товар на системата, J .

4. В случаите, когато акумулиращият съд в системата има обем, различен от $75 l/(m^2$ колекторна площ), безразмерният комплекс X се коригира по зависимостта:

$$\frac{X_c}{X} = \left(\frac{V_s}{75 A_c} \right)^{-0.25}, \quad \text{при } 37,5 < \frac{V_s}{A_c} < 300 \text{ l/m}^2,$$

където V_s е обемът на акумулатора, m^3 .

5. Когато в системата няма междинен топлообменник в колекторния кръг, стойността на отношението $F'_R / F_R = 1$, а когато има такъв, системата се изчислява по зависимостта:

$$\frac{F'_R}{F_R} = \left[1 + \left(\frac{A_c F_R U_L}{(\dot{m} c_p)_c} \right) \left(\frac{(\dot{m} c_p)_c}{\varepsilon (\dot{m} c_p)_{min}} - 1 \right) \right]^{-1}, \quad (7.4)$$

където:
 $(\dot{m}c_p)_c$ е топлинният капацитет на масовия дебит на флуида през контура на слънчевите колектори, W/K;

ε – ефективността на междинния топлообменен апарат;

$(\dot{m}c_p)_{\min}$ – по-малкият топлинен капацитет на масовия дебит на флуидите, циркулиращи през топлообменника, W/K.

6. В случаите, когато колекторът е ориентиран на юг и ъгълът на наклона на колектора е в границите:

$$(\varphi - 12) \leq \beta \leq (\varphi + 12),$$

където φ е географската ширина,

с достатъчна точност може да се приеме, че:

– за колектори с еднослойно прозрачно покритие $(\overline{\tau\alpha})/(\tau\alpha)_n = 0,95$;

– за колектори с двуслойно прозрачно покритие $(\overline{\tau\alpha})/(\tau\alpha)_n = 0,93$ за зимата и $(\overline{\tau\alpha})/(\tau\alpha)_n = 0,90$ за лятото.

7. Средната месечна дневна слънчева радиация върху наклонена повърхност се определя по зависимостта:

$$\overline{H}_T = \overline{R} \overline{H}, \text{ J / m}^2 \text{ (ден)}, \quad (7.5)$$

където:

\overline{R} е проекционен коефициент;

\overline{H} – средномесечната дневна сумарна слънчева радиация върху хоризонтална повърхност, J/m² (ден); отчита се от таблица 1.

8. Проекционният коефициент \overline{R} се определя по зависимостта:

$$\overline{R} = \left(1 - \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}\right) \overline{R}_b + \frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) + \rho \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right), \quad (7.6)$$

където:

\overline{H}_d е средномесечната дневна дифузна радиация върху хоризонтална повърхност, J/m²;

\overline{R}_b – отношението на средномесечната директна слънчева радиация върху наклонената и хоризонтална повърхност;

β – ъгълът на наклона на разглежданата повърхност, °;

ρ – коефициент на отражение на околната среда.

9. Отношението $\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}}$ се изчислява по зависимостта:

$$\frac{\overline{H}_d}{\overline{H}} = 1,39 - 4,03 \overline{K}_T + 5,53 \overline{K}_T^2 - 3,11 \overline{K}_T^3, \quad (7.7)$$

където:

\overline{K}_T е факторът на облачността; отчита се от таблица 1.

10. (Попр., ДВ, бр. 31 от 2015 г.) Коефициентът \overline{R}_b се изчислява по формулата:

$$\overline{R}_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_s + \pi/180 \omega'_s \sin(\varphi - \beta) \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + \pi/180 \omega_s \sin \varphi \sin \delta}, \quad (7.8)$$

където:

β е ъгълът на наклона на разглежданата повърхност, °;

δ – деклинацията на слънцето, °; определя се за 21 число на месеца по зависимостта:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin [360 \cdot (284 + n)/365], \quad (7.9)$$

n – пореден номер на деня в годината;

ω_s – часовият ъгъл на залеза на слънцето върху хоризонтална повърхност, °; определя се за 21 число на месеца по зависимостта:

$$\omega_s = \arccos(-\text{tg} \varphi \text{tg} \delta), \quad (7.10)$$

където:

ω_s – часовият ъгъл на залеза на слънцето върху наклонената повърхност, °; определя се за 21 число на месеца по зависимостта:

$$\omega'_s = \min \left[\omega_s; \arccos(-\text{tg}(\varphi - \beta) \text{tg} \delta) \right] \quad (7.11)$$

| Климатична зона 1 | | Северно Черноморие | | | | | | | | | | |
|--|------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,20 | 1,95 | 2,62 | 3,59 | 4,66 | 5,23 | 5,44 | 5,27 | 4,00 | 2,33 | 1,40 | 1,05 |
| Kт, - | 0,33 | 0,38 | 0,37 | 0,40 | 0,43 | 0,45 | 0,49 | 0,54 | 0,51 | 0,41 | 0,35 | 0,33 |
| tм, °C | 1,9 | 2,7 | 5,1 | 10,2 | 15,6 | 20,2 | 23,7 | 22,3 | 19,0 | 13,8 | 9,0 | 4,3 |
| Климатична зона 2 | | Добруджа | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,20 | 1,95 | 2,62 | 3,59 | 4,66 | 5,23 | 5,44 | 5,27 | 4,00 | 2,33 | 1,40 | 1,05 |
| Kт, - | 0,33 | 0,39 | 0,37 | 0,39 | 0,41 | 0,46 | 0,48 | 0,54 | 0,51 | 0,42 | 0,36 | 0,34 |
| tм, °C | 0,5 | 0,9 | 4,0 | 9,7 | 14,9 | 18,4 | 21,0 | 20,7 | 15,8 | 11,6 | 6,3 | 0,7 |
| Климатична зона 3 | | Северна България - поречието на р. Дунав | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,09 | 1,86 | 2,54 | 3,53 | 4,60 | 5,17 | 5,37 | 5,21 | 3,94 | 2,25 | 1,30 | 0,94 |
| Kт, - | 0,30 | 0,38 | 0,36 | 0,38 | 0,43 | 0,45 | 0,48 | 0,53 | 0,50 | 0,40 | 0,33 | 0,31 |
| tм, °C | 0,1 | 0,0 | 5,9 | 12,5 | 17,4 | 21,4 | 24,0 | 23,4 | 19,2 | 13,3 | 6,7 | 0,8 |
| Климатична зона 4 | | Северна България - централна част | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,21 | 1,84 | 2,80 | 3,24 | 4,39 | 4,78 | 4,91 | 4,96 | 3,65 | 2,20 | 1,29 | 1,02 |
| Kт, - | 0,33 | 0,36 | 0,39 | 0,35 | 0,41 | 0,42 | 0,45 | 0,50 | 0,47 | 0,39 | 0,32 | 0,32 |
| tм, °C | -0,2 | 1,3 | 5,7 | 12,7 | 17,4 | 21,1 | 23,6 | 23,0 | 19,1 | 12,8 | 6,2 | 0,4 |
| Климатична зона 5 | | Южно Черноморие | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,28 | 2,12 | 2,85 | 3,87 | 4,97 | 5,55 | 5,76 | 5,59 | 4,29 | 2,54 | 1,51 | 1,11 |
| Kт, - | 0,34 | 0,41 | 0,43 | 0,42 | 0,46 | 0,49 | 0,52 | 0,57 | 0,54 | 0,44 | 0,37 | 0,33 |
| tм, °C | 2,2 | 2,9 | 5,7 | 10,9 | 16,0 | 20,6 | 23,4 | 23,1 | 19,7 | 14,5 | 9,4 | 4,6 |
| Климатична зона 6 | | Южна България - централна част | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,67 | 2,33 | 3,19 | 4,10 | 4,78 | 5,58 | 5,44 | 5,48 | 4,26 | 2,67 | 1,70 | 1,33 |
| Kт, - | 0,43 | 0,44 | 0,43 | 0,44 | 0,44 | 0,49 | 0,48 | 0,55 | 0,53 | 0,46 | 0,41 | 0,39 |
| tм, °C | 0,2 | 1,8 | 6,9 | 12,4 | 17,4 | 21,3 | 23,7 | 23,0 | 18,7 | 12,8 | 7,4 | 1,9 |
| Климатична зона 7 | | София и Подбалканската долина | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,19 | 1,94 | 2,94 | 3,37 | 4,47 | 4,85 | 4,98 | 5,03 | 3,76 | 2,34 | 1,29 | 0,91 |
| Kт, - | 0,31 | 0,38 | 0,40 | 0,37 | 0,42 | 0,42 | 0,44 | 0,51 | 0,48 | 0,34 | 0,31 | 0,28 |
| tм, °C | -0,4 | 0,2 | 4,6 | 10,4 | 15,3 | 18,7 | 21,1 | 20,7 | 16,5 | 11,2 | 5,1 | 0,4 |
| Климатична зона 8 | | Южна България | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,67 | 2,33 | 3,19 | 4,10 | 4,78 | 5,58 | 5,44 | 5,48 | 4,26 | 2,67 | 1,70 | 1,33 |
| Kт, - | 0,43 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,44 | 0,48 | 0,49 | 0,55 | 0,53 | 0,46 | 0,41 | 0,39 |
| tм, °C | 0,6 | 2,4 | 6,9 | 12,4 | 16,4 | 21,0 | 23,8 | 23,5 | 19,4 | 13,6 | 7,9 | 2,8 |
| Климатична зона 9 | | Югозападна България | | | | | | | | | | |
| Месец | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Брой дни | 31 | 28 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 | 31 | 30 | 31 | 30 | 31 |
| \bar{H} , kWh / m ² (ден) | 1,79 | 2,45 | 3,35 | 4,29 | 4,96 | 5,70 | 5,58 | 5,61 | 4,44 | 2,80 | 1,82 | 1,45 |
| Kт, - | 0,51 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,57 | 0,56 | 0,47 | 0,43 | 0,41 |
| tм, °C | 2,2 | 3,9 | 8,1 | 13,4 | 18,1 | 22,1 | 24,6 | 24,6 | 20,8 | 13,8 | 8,7 | 4,0 |