

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ  
СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

**РД 34.20.115-89**



Срок действия устанавливается  
с 01.01.90  
до 01.01.92

Настоящие Методические указания устанавливают порядок выполнения расчета и содержат рекомендации по проектированию систем солнечного теплоснабжения жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений.

Методические указания предназначены для проектировщиков и инженерно-технических работников, занимающихся разработкой систем солнечного теплоснабжения и горячего водоснабжения.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методические указания распространяются на активные системы солнечного теплоснабжения (ССТ) с плоскими солнечными коллекторами, принудительной циркуляцией жидкого теплоносителя в теплоприемном контуре и предусматривают использование трехконтурной системы для покрытия нагрузок круглогодичного теплоснабжения и двухконтурной - для горячего водоснабжения (ГВС). Терминология по солнечному теплоснабжению приведена в приложении I.

1.2. Данная методика используется при расчете ССТ для населенных пунктов, расположенных южнее  $53^{\circ}$  северной широты и от  $22,5$  до  $84^{\circ}$  восточной долготы.

1.3. Целесообразность и эффективность применения ССТ зависит от доли тепловой нагрузки (коэффициента замещения), обеспечиваемой за счет солнечной энергии  $f$ , и в каждом конкретном случае определяется технико-экономическим расчетом.

1.4. Методика расчета удельной теплопроизводительности, отнесенной к единице площади поверхности солнечных коллекторов (СК),

базируется на среднегодовых долгосрочных данных суммарной солнечной радиации, приходящей на горизонтальную поверхность, и теплотехнических характеристиках солнечных коллекторов, приведенных в приложении 2.

1.5. Расчет годовой удельной теплопроизводительности ССТ производится при следующих условиях:

удельный расход антифриза в теплоприемном контуре  $q$  равен  $50 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;

эффективность водяного теплообменника  $\varepsilon_1$  равна  $0,7$ ;

удельная вместимость бака-аккумулятора (БА)  $V_a$ , приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности СК, равна  $75 \text{ л}/\text{м}^2$ ;

эффективность водовоздушного теплообменника  $\varepsilon_2$  удовлетворяет условию  $\varepsilon_2 C_{min}/AV \geq 2$ , где  $C_{min}$  — меньший из водяных эквивалентов водовоздушного теплообменника;

удельная суточная нагрузка ГВС равна  $517 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ ;

разность температур горячей  $t_r$  и холодной воды  $t_x$  равна  $40^\circ\text{C}$ .

1.6. Тепловой расчет ССТ служит основой для расчетов гидродинамических и конструктивных параметров.

1.7. Выбор и расчет ССТ, площади поверхности СК, их типа, бака-аккумулятора рекомендуется осуществлять с учетом следующих основных факторов:

потерь теплоты в окружающую среду;

гидравлических сопротивлений по потокам теплоносителей;

габаритных размеров;

массы и металлоемкости;

экологии окружающей среды,

ремонтоспособности;

технологичности узлов;

соответствия требованиям действующих стандартов.

1.8. Исходные данные для расчетов должны входить в техническое задание на проектирование ССТ. Разработка, порядок согласования и утверждение технического задания регламентируются ГОСТ 15.001-73\*. Техническое задание на разработку ССТ должно содержать:

местонахождение объекта, на котором устанавливается система теплоснабжения (населенный пункт), географическая широта;

тип дублирующего источника, его КПД и стоимость вырабатываемой теплоты;

тепловую нагрузку по месяцам, приходящуюся на отопление и ГВС; теплотехнические ( $\lambda$ ,  $\kappa$ ) и габаритные показатели здания ( $V$ ,  $S$ );

температуру горячей воды;

температуру питательной (холодной) воды.

1.9. Критерием для выбора оптимальной доли тепловой нагрузки, обеспечиваемой ССТ, является минимум приведенных затрат.

## 2. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

2.1. Для установок солнечного теплоснабжения следует применять солнечные коллекторы с одинарным или двойным остеклением. Технические характеристики солнечных коллекторов, выпускаемых в СССР, приведены в приложении 3.

2.2. В установках солнечного теплоснабжения следует использовать водяные насосы, применяемые в системах отопления и горячего водоснабжения зданий.

При использовании в теплоприемном контуре антифриза целесообразно применять насосы типов ЦВЦ, ВС, ВКО и ХО.

2.3. При установке насосов в жилых домах следует применять малощумные насосы или принимать меры к снижению шума и вибрации до норм, допустимых СНиП II.12.77.

2.4. В качестве теплообменников для ССТ рекомендуется применять водоводяные подогреватели для тепловых сетей, выпускаемые по ТУ 400-28-429-82Е, и скоростные теплообменники типа ТТ, разработанные ВНИИнефтемаш Минхлмаш СССР.

Технические характеристики проточных теплообменников типа ТТ приведены в приложении 4.

2.5. В системе солнечного теплоснабжения рекомендуется применять воздушно-отопительные агрегаты АО2-10-02У3, АОД2-10-02У3, АСУ2-10-02У3 по ТУ 36-2552-82, калориферы стальные пластинчатые КВСВ-ПУ3, КВБВ-ПУ3 и калориферы биметаллические со спиральнонакатным оребрением КС<sub>к</sub>3-01ХЛЗА и КС<sub>к</sub>3-02ХЛЗА.

### 3. РАСЧЕТЫ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

#### 3.1. Общие положения

3.1.1. При расчете ССТ и горячего водоснабжения учитывается круглогодичность их работы.

3.1.2. Теплопроизводительность ССТ за годичный период ее эксплуатации ( $Q_c$ ) определяется по уравнению

$$Q_c = fQ, \quad (3.1)$$

где  $f$  - доля полной среднегодовой тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии;

$Q$  - полная годовая нагрузка теплоснабжения, кВт·ч.

3.1.3. Удельная годовая теплопроизводительность ССТ определяется по формуле

$$q = Q_c / F, \quad (3.2)$$

где  $F$  - площадь поверхности СК, м<sup>2</sup>.

3.1.4. Удельная годовая теплопроизводительность  $q$  является функцией следующих параметров:

географической и климатических характеристик ( $\varphi, H, t_{н.в}$ );  
характеристик солнечного коллектора ( $U_L, (\tau\alpha)_R, \varepsilon$ );  
режимных параметров ( $t_r, t_x, q$ );  
параметров системы ( $\varepsilon, V_a, f$ ).

3.1.5. Характеристики солнечных коллекторов различных конструкций обобщены в трех типах - I, II, III, которые используются при нахождении удельной годовой теплопроизводительности ССТ  $q$ , и приведены в приложении I.

3.1.6. Для ССТ рекомендуется применять одностекольный селективный коллектор (тип II) и двухстекольный неселективный коллектор (тип III). Для систем ГВС - одностекольные коллекторы (типов I, II).

#### 3.2. Принципиальные схемы систем солнечного теплоснабжения

3.2.1. Принципиальная схема системы солнечного теплоснабжения приведена на рис. I и предусматривает работу установки в режимах:



3.2.2. Принципиальная схема системы ГВС приведена на рис.2.

Работа СГВС осуществляется следующим образом. Циркуляционный насос 5 прокачивает теплоноситель через солнечные коллекторы I, где он, нагреваясь, отдает в теплообменнике 2 теплоту воде второго контура. Второй контур образован теплообменником 2, баком-аккумулятором 3 и насосом 5, соединенными между собой трубопроводом. Вода из бака-аккумулятора 3 через дублиер 4 поступает в систему горячей воды здания. Холодная вода для подпитки поступает в нижнюю часть БА из водопровода.

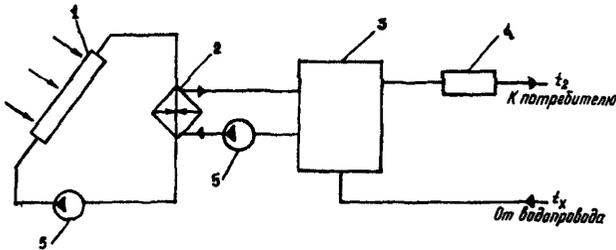


Рис.2. Принципиальная схема системы солнечного горячего водоснабжения

### 3.3. Расчет системы солнечного теплоснабжения

3.3.1. Основным параметром ССТ является годовая удельная теплотпроизводительность, определяемая из уравнения

$$q = a + b (N - 1000), \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2, \quad (3.3)$$

где  $N$  - среднегодовая суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ; находится из приложения 5;

$a, b$  - параметры, определяемые из уравнения (3.4) и (3.5)

$$a = (\alpha_1 + \alpha_2 r + \alpha_3 r^2) + (\alpha_4 + \alpha_5 r + \alpha_6 r^2) f + (\alpha_7 + \alpha_8 r + \alpha_9 r^2) f^2; \quad (3.4)$$

$$\delta = (\beta_1 + \beta_2 r + \beta_3 r^2) + (\beta_4 + \beta_5 r + \beta_6 r^2) f + (\beta_7 + \beta_8 r + \beta_9 r^2) f^2, \quad (3.5.)$$

где  $r$  - характеристика теплоизолирующих свойств ограждающих конструкций здания при фиксированном значении нагрузки ГВС, представляет собой отношение суточной нагрузки отопления при температуре наружного воздуха равной  $0^\circ\text{C}$  к суточной нагрузке ГВС. Чем больше  $r$ , тем больше доля отопительной нагрузки по сравнению с долей нагрузки ГВС и тем менее совершенной является конструкция здания с точки зрения тепловых потерь;  $r = 0$  принимается при расчете только системы ГВС. Характеристика определяется по формуле

$$r = (\lambda m + k \rho_{\text{в}} c_p^{\delta}) V t_{\text{в}} / \ell S, \quad (3.6)$$

- где  $\lambda$  - удельные тепловые потери здания, Вт/(м<sup>3</sup> · °C);  
 $m$  - количество часов в сутках;  
 $k$  - кратность вентиляционного обмена воздуха, 1/сут;  
 $\rho_{\text{в}}$  - плотность воздуха при  $0^\circ\text{C}$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $c_p^{\delta}$  - теплоемкость воздуха при  $0^\circ\text{C}$  и постоянном давлении, Вт.ч/(кг.°C);  
 $V$  - объем здания, м<sup>3</sup>;  
 $t_{\text{в}}$  - температура воздуха внутри здания, °C;  
 $\ell$  - суточная нагрузка ГВС, равная 617 Вт.ч/м<sup>2</sup>;  
 $S$  - жилая площадь здания, м<sup>2</sup>;  
 $\alpha_1, \dots, \alpha_9; \beta_1, \dots, \beta_9$  - коэффициенты, находятся из табл.3.1 и 3.2;  
 $f$  - коэффициент замещения, ориентировочно принимается от 0,2 до 0,4.

Уравнение (3.3) применимо при использовании схемы, приведенной на рис.1.

Значения  $\lambda$ ,  $k$ ,  $V$ ,  $t_{\text{в}}$ ,  $S$  закладываются при проектировании ССТ.

Значения коэффициента  $\alpha$  для солнечных коллекторов  
II и III типов

Т а б л и ц а 3.1

Тип кол-лек-тора	Значения коэффициентов								
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$	$\alpha_9$
II	607,0	-80,0	-3,0	-1340,0	437,5	22,5	1900,0	-1125,0	25,0
III	298,0	148,5	-61,5	150,0	1112,0	337,5	-700,0	1725,0	-775,0

Т а б л и ц а 3.2

Значения коэффициента  $\beta$  для солнечных коллекторов  
II и III типов

Тип кол-лек-тора	Значения коэффициентов								
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$\beta_7$	$\beta_8$	$\beta_9$
II	1,177	-0,496	0,140	-2,6	3,6	-0,995	3,350	-5,05	1,400
III	1,062	-0,434	0,158	-2,465	2,958	-1,088	3,550	-4,475	1,775

Уравнение (3.3) применимо при значениях:

$$1050 \leq H \leq 1900; \quad I \leq r \leq 3; \quad 0,2 \leq f \leq 0,4.$$

3.3.2. Общая площадь поверхности солнечных коллекторов находится по формуле

$$F = Qf/q, \quad \text{м}^2 \quad (3.7)$$

3.4. Расчет системы солнечного горячего водоснабжения (СГВС)

3.4.1. Удельная годовая теплопроизводительность СГВС (схема на рис.2) определяется по формуле

$$q = a + b(H - 1050), \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2 \quad (3.8)$$

Значения коэффициентов  $a$  и  $b$  находятся из табл.3.3.

Т а б л и ц а 3.3

Значения коэффициентов  $a$  и  $b$  в зависимости от типа солнечного коллектора

Тип коллектора	Значения коэффициентов	
	$a$	$b$
I	235	0,75
II	355	0,80

Уравнение (3.8) справедливо при  $f = 0,5$  и  $1050 \leq H \leq 1900$ .

3.4.2. При других значениях коэффициента замещения  $f$  для рассматриваемых типов коллекторов I и II значение удельной годовой теплопроизводительности  $q$  должно быть увеличено (уменьшено) в соответствии с данными табл.3.4 и определяется по формуле

$$q_i = q(1 + \Delta q/100) \quad , \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2, \quad (3.9)$$

где  $q_i$  - удельная годовая теплопроизводительность СГВС при значениях  $f$ , отличных от 0,5;

$\Delta q$  - изменение годовой удельной теплопроизводительности СГВС, %.

Т а б л и ц а 3.4

Изменение значения удельной годовой теплопроизводительности  $\Delta q$  от годового поступления солнечной радиации на горизонтальную поверхность  $H$  и коэффициента  $f$

Значения $H$ , кВт.ч/м <sup>2</sup>	Значения $\Delta q$ , % при			
	$f=0,3$	$f=0,4$	$f=0,5$	$f=0,6$
Менее 1500	+17	+9	0	-10
Более 1500	+10	+5	0	-6

Значение  $f$  больше 0,6 достигается при  $H \geq 1700$ .

3.4.3. Общая площадь поверхности солнечных коллекторов СГСБ определяется по формуле

$$F = Qf/q, \text{ м}^2. \quad (3.10)$$

#### 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

4.1. Размещение солнечных коллекторов производится на кровле зданий или площадках с учетом ландшафта и застройки местности.

4.2. При проектировании установки теплоснабжения следует произвести расчет опорных конструкций с учетом ветровой и снеговой нагрузок, а при необходимости - с учетом сейсмических воздействий.

4.3. Оптимальная ориентация солнечных коллекторов - южная. Отклонение от южной ориентации на восток до 15° ведет к уменьшению прихода солнечной радиации на 5%, а на запад до 30° - на 10%.

4.4. Угол наклона солнечных коллекторов к горизонту при круглогодичной работе установки должен приниматься равным широте местности для солнечного ГЭС и  $\varphi + 15^\circ$  для ССТ.

4.5. Расстояние между рядами солнечных коллекторов по горизонтали рассматривается из условия незатенения по наименьшему значе-

нию высоты солнца над горизонтом, приведенной в приложении 6, в зависимости от географической широты местонахождения объекта.

4.6. Для обеспечения высокой эффективности солнечных коллекторов и выбора циркуляционного насоса производится гидравлический расчет по общепринятой методике. Сопротивление солнечного коллектора при расходе  $50 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  не превышает 500 Па.

4.7. Для равномерного распределения потока теплоносителя в системах солнечные коллекторы соединяются в последовательно-параллельные и параллельно-последовательные группы с учетом удобства технического обслуживания и ремонта.

4.8. В установках солнечного теплоснабжения с большой площадью поверхности солнечных коллекторов следует предусматривать возможность отключения отдельных секций в случае выхода их из строя без вывода из эксплуатации всей установки.

4.9. Для удаления воздуха из системы необходимо предусматривать воздушный клапан, устанавливаемый в наивысшей точке системы. Допускается удаление воздуха с помощью расширительного бака, установленного выше уровня статического давления в гелиоконтуре.

4.10. В системе теплоснабжения необходимо предусматривать арматуру для заполнения системы, а в нижней части - для спуска теплоносителя с уклоном трубопровода 0,002.

4.11. Рекомендуется предусматривать 10%-ный запас площади поверхности солнечных коллекторов на случай выхода части ее из строя, ухудшения теплопередающих свойств и загрязнения поверхности остекления.

4.12. Движение теплоносителей в контурах следует принимать по противоточной схеме.

4.13. Тепловые потери через изоляцию БА, теплообменников и трубопроводов не должны превышать 5% теплопроизводительности СК.

4.14. Для поддержания постоянной температуры горячей воды, подаваемой к потребителю, установки должны обеспечиваться автоматическими регуляторами температуры.

4.15. При использовании в гелиоконтуре в качестве теплоносителя воды необходимо предусмотреть ее химическую обработку и деаэрирование перед заполнением системы.

4.16. При круглогодичной эксплуатации ССТ в теплоприемном контуре рекомендуется применять антифриз. Свойства антифризов приведены в приложении 7.

Давление антифриза в теплоприемном контуре во избежание попадания его в БА при нарушении герметичности теплообменника должно быть ниже, чем давление воды в тепловоспринимающем контуре.

4.17. Система теплоснабжения должна включать дублер, работающий совместно с солнечной установкой при длительном отсутствии солнечной радиации, обеспечивающий 100%-ное покрытие тепловой нагрузки здания.

#### 5. ОБСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

5.1. Применение ССТ считается целесообразным, если выполняется условие

$$Z_c \leq Z_b, \quad (5.1)$$

где  $Z_c$  - удельные приведенные затраты на единицу вырабатываемой тепловой энергии ССТ, руб./ГДж;

$Z_b$  - удельные приведенные затраты на единицу вырабатываемой тепловой энергии базовой установкой, руб./ГДж.

5.2. Удельные приведенные затраты на единицу вырабатываемой энергии (стоимость единицы тепловой энергии) для солнечной установки определяется по формуле

$$Z_c = C_c / Q, \quad (5.2)$$

где  $C_c$  - приведенные затраты на ССТ и дублер, руб./год;

$$C_c = (K_c + K_b) E_n + Z_c K_c + Z_b K_b + \alpha N_d - K_3 - K_n, \quad (5.3)$$

где  $K_c$  - капитальные затраты на ССТ, руб;

$K_b$  - капитальные затраты на дублер, руб;

$E_n$  - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений (0, 1);

$Z_c$  - доля эксплуатационных расходов от капитальных затрат на ССТ;

$Z_B$  - доля эксплуатационных расходов от капитальных затрат на дублер;

$Ц$  - стоимость единицы тепловой энергии, вырабатываемой дублером, руб./ГДж;

$N_d$  - количество тепловой энергии, вырабатываемой дублером в течение года, ГДж;

$K_3$  - эффект от снижения загрязнения окружающей среды, руб.;

$K_n$  - социальный эффект от экономии зарплаты персонала, обслуживающего дублер, руб.

Удельные приведенные затраты определяются по формуле

$$Z_B = C_B / Q, \quad (5.4)$$

где  $C_B$  - приведенные затраты на базовую установку, руб./год;

$$C_B = K_B E_n + Z_B K_B, \quad (5.5)$$

где  $K_B$  - капитальные затраты на базовый источник тепловой энергии, руб.;

$Z_B$  - доля эксплуатационных расходов от капитальных затрат на базовый источник тепловой энергии.

5.3. Эффект от снижения загрязнения окружающей среды учитывается для приведения к сопоставимому виду сравниваемых вариантов и рассчитывается в соответствии с действующей "Временной типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды" (Госплан СССР, Госстрой СССР, АН СССР, 1983) и "Руководством по расчету количества и удельных показателей выбросов вредных веществ в атмосферу" (М.: ВПТИтрансстрой, 1982).

5.4. Социальный эффект от экономии зарплаты персонала, обслуживающего дублер  $K_n$  при отключении дублера в период полного покрытия тепловой нагрузкой ССТ, определяется по формуле

$$K_n = \frac{Z_n}{12} q_{пн}, \quad (5.6)$$

где  $Z_n$  - среднегодовая удельная зарплата с начислениями эксплуатационного персонала дублера, руб./год;

$T_{пн}$  - период полного покрытия тепловой нагрузки ССТ, мес.

5.5. Расчет экономии топлива в пересчете на условное ( $\tau$ ) за счет использования солнечной энергии следует определять по формуле

$$B = \frac{Q_c}{10^3 Q_n^p \eta} , \quad (5.7)$$

где  $Q_n^p$  - низшая теплота сгорания условного топлива, кВт.ч/кг;  
 $\eta$  - КПД замещаемого источника энергии.

## 6. ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $Z_c$  - удельные приведенные затраты на единицу вырабатываемой тепловой энергии ССТ, руб./ГДж;
- $Z_b$  - удельные приведенные затраты на единицу вырабатываемой тепловой энергии базовой установкой, руб./ГДж;
- $Z_n$  - среднегодовая удельная зарплата с начислениями эксплуатационного персонала дублера, руб./год;
- $K_c$  - капитальные затраты на ССТ, руб.;
- $K_b$  - капитальные затраты на дублер, руб.;
- $K_3$  - эффект от снижения загрязнения окружающей среды, руб.;
- $K_n$  - социальный эффект от экономии зарплаты персонала обслуживающего дублер, руб.;
- $E_n$  - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений;
- $C_c$  - приведенные затраты на ССТ и дублер, руб./год;
- $C_b$  - приведенные затраты на базовую установку, руб./год;
- $Z_c$  - доля эксплуатационных расходов от капитальных затрат на ССТ;
- $Z_b$  - доля эксплуатационных расходов от капитальных затрат на дублер;
- $Z_b$  - доля эксплуатационных расходов от капитальных затрат на базовый источник тепловой энергии;

- $C$  - стоимость единицы тепловой энергии, вырабатываемой дублером, руб./ГДж;
- $B$  - экономия топлива в пересчете на условное за эксплуатационный период солнечной установки, т/год;
- $H$  - среднегодовая суммарная солнечная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, кВт.ч;
- $Q$  - полная годовая нагрузка теплоснабжения, кВт.ч;
- $Q_n^p$  - низшая теплота сгорания условного топлива, кВт.ч/кг;
- $Q_c$  - годовая теплопроизводительность ССТ, кВт.ч;
- $F$  - площадь поверхности СК, м<sup>2</sup>;
- $U_L$  - общий коэффициент тепловых потерь, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);
- $F_R$  - коэффициент эффективности солнечного коллектора;
- $V_a$  - удельная вместимость бака-аккумулятора, л/м<sup>2</sup>;
- $V$  - объем здания, м<sup>3</sup>;
- $S$  - жилая площадь здания, м<sup>2</sup>;
- $N_g$  - количество тепловой энергии, вырабатываемой дублером за год, ГДж;
- $a$  - параметр;
- $b$  - параметр;
- $t_r$  - температура горячей воды на выходе из СК, °С;
- $t_x$  - температура холодной воды на входе в БА, °С;
- $t_{н.в}$  - температура наружного воздуха, °С;
- $t_{в}$  - температура воздуха внутри здания, °С;
- $q$  - годовая удельная теплопроизводительность ССТ, отнесенная к единице площади солнечных коллекторов, кВт.ч/м<sup>2</sup>;
- $f$  - доля полной среднегодовой тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии (коэффициент замещения);
- $\varphi$  - географическая широта, град.;
- $\varepsilon$  - степень черноты поглощательной поверхности СК в диапазоне рабочих температур коллектора;
- $\varepsilon_1$  - эффективность водяного теплообменника;
- $\varepsilon_2$  - эффективность водовоздушного теплообменника;
- $\tau_n$  - пропускательная способность остекления;
- $\tau_{пн}$  - период полного покрытия тепловой нагрузки ССТ, мес.;
- $(\tau_{\alpha})$  - приведенная поглощательная способность солнечного коллектора;
- $g$  - удельный расход антифриза в теплоприемном контуре, кг/(м<sup>2</sup> · ч);

- $\alpha$  - поглощательная способность теплоприемной поверхности;
- $\alpha_x - \alpha_g$  - коэффициенты;
- $\beta_1, \dots, \beta_g$  - коэффициенты;
- $r$  - характеристика теплоизолирующих свойств ограждающих конструкций здания при фиксированном значении нагрузки ГВС;
- $\lambda$  - удельные тепловые потери здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C);
- $m$  - количество часов в сутках;
- $k$  - кратность вентиляционного обмена воздуха, 1/сут;
- $\rho_{0,0}$  - плотность воздуха при 0°C, кг/м<sup>3</sup>;
- $c_p$  - теплоемкость воздуха при 0°C и постоянном давлении, Вт·ч/(кг·°C);
- $\ell$  - удельная суточная нагрузка ГВС, Вт·ч/м<sup>2</sup>;
- $C_{\text{min}}$  - меньший из водяных эквивалентов водовоздушного теплообменника, Вт/°C;
- $\eta$  - КПД замещаемого источника энергии.

## Приложение I

### Терминология по солнечному теплоснабжению

Термин	Определение термина
Солнечный коллектор	Устройство для улавливания солнечной радиации и преобразования ее в тепловую и другие виды энергии
Часовая (суточная, месячная и т.д.) теплопроизводительность	Количество тепловой энергии, отводимой от коллектора за час (сутки, месяц и т.д.) работы
Плоский солнечный коллектор	Нефокусирующий солнечный коллектор с поглощающим элементом плоской конфигурации (типа "труба в листе", только из труб и т.п.) и плоской прозрачной изоляцией
Площадь теплопринимающей поверхности	Площадь поверхности поглощающего элемента, освещенная солнцем в условиях нормального падения лучей

О к о н ч а н и е   п р и л о ж е н и я   I

Термин	Определение термина
Коэффициент тепловых потерь через прозрачную изоляцию (днище, боковые стенки коллектора)	Поток тепла в окружающую среду через прозрачную изоляцию (днище, боковые стенки коллектора), отнесенный к единице площади тепловоспринимающей поверхности, при разности средних температур поглощающего элемента и наружного воздуха в $^{\circ}\text{C}$
Удельный расход теплоносителя в плоском солнечном коллекторе	Расход теплоносителя в коллекторе, отнесенный к единице площади тепловоспринимающей поверхности
Коэффициент эффективности	Величина, характеризующая эффективность переноса тепла от поверхности поглощающего элемента к теплоносителю и равная отношению фактической теплопроизводительности к теплопроизводительности при условии, что все термические сопротивления передачи тепла от поверхности поглощающего элемента к теплоносителю равны нулю
Степень черноты поверхности	Отношение интенсивности излучения поверхности к интенсивности излучения черного тела при той же температуре
Пропускательная способность остекления	Пропускаемая прозрачной изоляцией доля солнечного (инфракрасного, видимого) излучения, падающего на поверхность прозрачной изоляции
Дублер	Традиционный источник тепловой энергии, обеспечивающий частичное или полное покрытие тепловой нагрузки и работающий в сочетании с системой солнечного теплоснабжения
Система солнечного теплоснабжения	Система, обеспечивающая покрытие нагрузки отопления и горячего водоснабжения за счет солнечной энергии

Теплотехнические характеристики солнечных коллекторов

Наименование величины	Тип коллектора		
	I	II	III
Общий коэффициент тепловых потерь $U_L$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	7,5	4,3	4,4
Поглощательная способность теплоприемной поверхности $\alpha$	0,95	0,90	0,95
Степень черноты поглощательной поверхности в диапазоне рабочих температур коллектора $\epsilon$	0,95	0,10	0,95
Пропускательная способность остекления $\tau_n$	0,87	0,87	0,72
Коэффициент эффективности $F_R$	0,91	0,93	0,95
Максимальная температура теплоносителя, °С	80	100	80

Примечание. I - одностекольный неселективный коллектор; II - одностекольный селективный коллектор; III - двухстекольный неселективный коллектор.

Приложение 3

Технические характеристики солнечных коллекторов

Основные параметры и характеристики солнечного коллектора	Изготовитель			
	Братский завод отопительно-го оборудования	Спецтеплиотепломонтаж СССР	КиевЗНИИЭП	Бухарский завод гелиоаппаратуры
Длина, мм	1530	1000-3000	1624	1100
Ширина, мм	630	600	1008	650
Высота, мм	98	70-100	100	111
Масса, кг	50,5	30-50	37	36
Тепловоспринимающая поверхность, м <sup>2</sup>	0,8	0,6-1,5	1,5	0,62
Рабочее давление, МПа	0,6	0,2-0,6	0,6	0,6

Приложение 4

Технические характеристики проточных теплообменников типа ТТ

Тип теплообменника	Диаметр наружный/внутренний, мм		Прокладное сечение		Поверхность нагрева одной секции, м <sup>2</sup>	Длина секции, мм	Масса одной секции, кг
	внутренней трубы	наружной трубы	внутренней трубы, см <sup>2</sup>	кольцевого канала, см <sup>2</sup>			
ТТ 1-25/38-10/10	25/20	38/32	3,14	1,13	1,4	1500	140
ТТ 2-25/38-10/10	25/20	38/32	6,28	6,26	1,4	1500	140

Годовой приход суммарной солнечной радиации  
на горизонтальную поверхность ( $H$ ), кВт·ч/м<sup>2</sup>

Населенный пункт	$H$
Азербайджанская ССР	
Баку	1375
Кировобад	1426
Мингечаур	1426
Армянская ССР	
Ереван	1701
Ленинакан	1681
Севан	1732
Нахичевань	1783
Грузинская ССР	
Телави	1498
Тбилиси	1396
Цхакая	1365
Казахская ССР	
Алма-Ата	1447
Гурьев	1569
Форт-Шевченко	1437
Джезказган	1508
Ак-Кум	1773
Аральское море	1630
Бирса-Кельмес	1569
Кустанай	1212
Семипалатинск	1437
Джаныбек	1304
Молдакырово	1406

Продолжение приложения 5

Населенный пункт	И
Киргизская ССР	
Фрунзе	1538
Тянь-Шань РСФСР	1915
Алтайский край	
Благовещенка	1284
Астраханская область	
Астрахань	1365
Волгоградская область	
Волгоград	1314
Воронежская область	
Воронеж	1039
Каменная степь	1111
Краснодарский край	
Сочи	1365
Куйбышевская область	
Куйбышев	1172
Курская область	
Курск	1029
Молдавская ССР	
Кишинев	1304

Продолжение приложения 5

Населенный пункт	И
Оренбургская область	
Бузудук	1182
Ростовская область	
Цимлянск	1284
Гигант	1314
Саратовская область	
Ершов	1263
Саратов	1233
Ставропольский край	
Ессентуки	1294
Узбекская ССР	
Самарканд	1661
Тамдыбулак	1752
Тахнаташ	1681
Ташкент	1559
Термез	1844
Фергана	1671
Чурук	1610
Таджикская ССР	
Душанбе	1752
Турименская ССР	
Ак-Молла	1834
Ашхабад	1722

Продолжение приложения Б

Населенный пункт	И
Гасан-Кули	1783
Кара-Богаз-Гол	1671
Чарджоу	1885
Украинская ССР	
Херсонская область	
Херсон	1335
Аскания Нова	1335
Сумская область	
Конотоп	1080
Полтавская область	
Полтава	1100
Волынская область	
Ковель	1070
Донецкая область	
Донецк	1233
Закарпатская область	
Берегово	1202
Киевская область	
Киев	1141
Кировоградская область	
Знаменка	1161

О к о н ч а н и е   п р и л о ж е н и я   5

Населенный пункт	И
Ифымская область	
Евпатория	1386
Карадаг	1426
Одесская область	
Одесса	1355

П р и л о ж е н и е   6

Высота солнца над горизонтом, град.

Геогра- фиче- ская широта, ° с. ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
38	30,8	39,2	49,8	61,7	70,8	75,3	73,6	66,2	55,1	43,6	33,6	28,7
40	28,8	37,2	47,8	59,7	68,8	73,3	71,6	64,2	53,1	41,6	31,6	26,7
42	26,8	35,2	45,8	57,7	66,8	71,3	69,6	62,2	51,1	39,6	29,6	24,7
44	24,8	33,2	43,8	55,7	64,8	69,3	67,6	60,2	49,1	37,6	27,6	22,7
46	22,8	31,2	41,8	53,7	62,8	67,3	65,6	58,2	47,1	35,6	25,6	20,7
48	20,8	29,2	39,8	51,7	60,8	65,3	63,6	56,2	45,1	33,6	23,6	18,7
50	18,8	27,2	37,8	49,7	58,8	63,3	61,6	54,2	43,1	31,6	21,6	16,7
52	16,8	25,2	35,8	47,7	56,8	61,3	59,6	52,2	41,1	29,6	19,6	14,7
54	14,8	23,2	33,8	45,7	54,8	59,3	57,6	50,2	39,1	27,6	17,6	12,7

Приложение 7

Свойства антифризов, применяемых  
в солнечных системах теплоснабжения

Наименование	Хлористый натрий (23,1%-й раствор)	Хлористый кальций (29,9%-й раствор)	Пропиленгликоль (60%-й раствор)	Этиленгликоль (60%-й раствор)	Углекислый калий
Температура замерзания, °С	-21,2	-55,0	-52	-53	-57
Температура кипения, °С	106,0	110,0	107,5	105,0	113,0
Вязкость, 10 <sup>-3</sup> Па·с:					
при температуре 5°С	2,6	5,15	-	6,38	-
при температуре 20°С	-	-	-	-	7,65
при температуре -40°С	7,75	35,3	-	28,45	-
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	-	-	-	1077	1483-1490
Теплоемкость кДж/(м <sup>3</sup> ·°С):					
при температуре 5°С	3900	3524	-	-	-
при температуре 20°С	-	-	-	3340	3486
Коррозионная способность	Сильная	Средняя	Слабая	Слабая	Сильная
Токсичность	Нет	Средняя	Нет	Слабая	Нет

Примечание. Теплоносители на основе углекислого калия имеют следующие составы (массовая доля):

	Рецептура 1	Рецептура 2
Калий углекислый, 1,5-водный	51,6	42,9
Натрий фосфорнокислый, 12-водный	4,3	3,57
Натрий кремнекислый, 9-водный	2,6	2,16
Натрий тетраборнокислый, 10-водный	2,0	1,66
Флуоресцин	0,01	0,01
Вода	До 100	До 100

---

---

## О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Общие положения .....	3
2. Основное оборудование системы солнечного теплоснабжения .....	5
3. Расчеты систем солнечного теплоснабжения и горячего водоснабжения .....	6
4. Рекомендации по проектированию системы солнечного теплоснабжения .....	12
5. Обоснование экономической целесообразности применения солнечной системы теплоснабжения .....	14
6. Обозначения .....	16
П р и л о ж е н и е 1. Терминология по солнечному теплоснабжению .....	18
П р и л о ж е н и е 2. Теплотехнические характеристики солнечных коллекторов .....	20
П р и л о ж е н и е 3. Технические характеристики солнечных коллекторов .....	21
П р и л о ж е н и е 4. Технические характеристики проточных теплообменников типа ТТ .....	21
П р и л о ж е н и е 5. Годовой приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность....	22
П р и л о ж е н и е 6. Высота солнца над горизонтом.	26
П р и л о ж е н и е 7. Свойства антифризов, применяемых в солнечных системах теплоснабжения .....	27

---