МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

РД 34.20.115-89

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА ПО "СОЮЗТЕХЭНЕРГО"
Москва 1990

gost.e-ecolog.ru

Р А З Р А Б О Т А Н О Государственным ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательским энергетическим институтом им.Г.М.Кржижановского

И С П О Л Н И Т Е Л И М.Н.ЕГАЙ, О.М.КОРШУНОВ, А.С.ЛЕОНОВИЧ, В.В.НУШТАЙКИН, В.К.РЫБАЛКО, Б.В.ТАРНИЖЕВСКИЙ, В.Г.БУЛЫЧЕВ

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным научно-техническим управлением энергетики и электрификации 07.12.89 г.

Начальник В.И.ГОРИН

© СПО Союзтехэнерго, 1990.

Подписано к печати 10.08.90 Формат 60x84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л.1,63 Уч.-изд.л.1,6 Тираж 1400 экз.
Заказ №236/90 Издат. № 90048

Производственная служба передового опыта эксплуатации энергопредприятий Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

УДК 697.7:658.2

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

РД 34.20.II5-89

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.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. 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.

I.2. Данная методика используется при расчете ССТ для населенных пунктов, расположенных южнее 53° северной широты и от 22,5 до 84° восточной долготы.

I.3. Целесообразность и эффективность применения ССТ зависит от доли тепловой нагрузки (коэффициента замещения), обеспечиваемый за счет солнечной энергии f, и в каждом конкретном случае определяется технико-экономическим расчетом.

I.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.

I.5. Расчет годовой удельной теплопроизводительности ССТ производится при следующих условиях:

удельный расход антифриза в теплоприемном контуре g равен 50 кг/(м^2·ч);

эффективность водяного теплообменника ε_1 равна 0,7;

удельная вместимость бака-аккумулятора (БА) V_a, приходящаяся на I м^2 площади поверхности СК, равна 75 л/м^2;

эффективность водовоздушного теплообменника ε_2 удовлетворяет условию $\varepsilon_2 C_{min}/\lambda V \geq 2$, где C_{min} меньший из водяных эквивалентов водовоздушного теплообменника;

удельная суточная нагрузка ГВС равна 517 Вт·ч/м^2;

разность температур горячей $t_г$ и холодной воды $t_х$ равна 40^{0}С.

I.6. Тепловой расчет ССТ служит основой для расчетов гидродинамических и конструктивных параметров.

I.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.

I.8. Исходные данные для расчетов должны входить в техническое задание на проектирование ССТ. Разработка, порядок согласования и утверждение технического задания регламентируются ГОСТ I5.00I-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 (λ , κ) 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 малошумные насосы или принимать меры к снижению шума и вибрации до норм, допустимых СНиП II.I2.77.

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 Минхиммаш СССР.

Технические характеристики проточных теплообменников типа ТТ приведены в приложении 4.

2.5. В системе солнечного теплоснабжения рекомендуется применять воздушно-отопительные агрегаты АО2-I0-02УЗ, АОД2-I0-02УЗ, АСУ2-I0-02УЗ по ТУ 36-2552-82, калориферы стальные пластинчатые КВСБ-ПУЗ, КВББ-ПУЗ и калориферы биметаллические со спиральнонакатным оребрением $КС_К$3-0IХЛ3А и $КС_К$3-02ХЛ3А.

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

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

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

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

где F - площадь поверхности СК, м^2.

3.1.4. Удельная годовая теплопроизводительность q является функцией следующих параметров:

географической и климатических характеристик (φ, H, $t_{н.в}$);

характеристик солнечного коллектора (U_L, $(\tau\alpha)$, F_R, ε);

режимных параметров ($t_г$, $t_х$, g);

параметров системы (ε_1, 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:

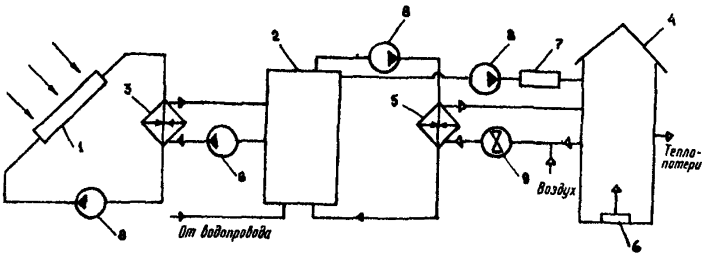

Рис.I. Принципиальная схема системы солнечного теплоснабжения

отопления и горячего водоснабжения;

горячего водоснабжения.

Система ССТ включает три контура циркуляции:

первый контур, состоящий из солнечных коллекторов I, циркуляционного насоса 8 и жидкостного теплообменника 3;

второй контур, состоящий из бака-аккумулятора 2, циркуляционного насоса 8 и теплообменника 3;

третий контур, состоящий из бака-аккумулятора 2, циркуляционного насоса 8, водо-воздушного теплообменника (калорифера) 5.

Функционирует ССТ следующим образом. Теплоноситель (антифриз) *теплоприемного контура, нагреваясь в солнечных коллекторах I,* поступает в теплообменник 3, где теплота антифриза передается воде, циркулирующей в межтрубном пространстве теплообменника 3 под действием насоса 8 второго контура. Нагретая вода поступает в бак-аккумулятор 2.

Из бака-аккумулятора вода забирается насосом ГВС 8, доводится при необходимости до требуемой температуры в дублере 7 и поступает в систему ГВС здания. Подпитка бака-аккумулятора осуществляется из водопровода.

Для отопления вода из бака-аккумулятора 2 подается насосом третьего контура 8 в калорифер 5, через который с помощью вентилятора 9 пропускается воздух и, нагревшись, поступает в здание 4.

В случае отсутствия солнечной радиации или нехватки тепловой энергии, вырабатываемой солнечными коллекторами, в работу включается дублер 6.

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 дублер 4 поступает в систему горячей воды здания. Холодная вода для подпитки поступает в нижнюю часть БА из водопровода.

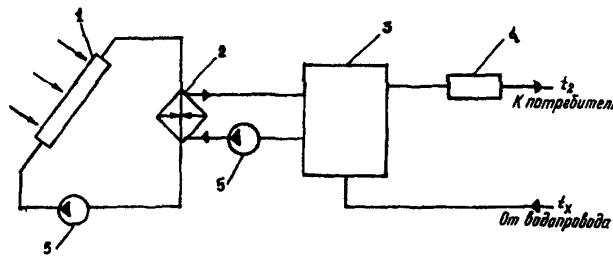

Рис.2. Принципиальная схема системы солнечного горячего водоснабжения

3.3. Расчет системы солнечного теплоснабжения

3.3.I. Основным параметром ССТ является годовая удельная теплопроизводительность, определяемая из уравнения

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

где H - среднегодовая суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность, кВт·ч/м^2; находится из приложения 5;

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

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

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

где r – характеристика теплоизолирующих свойств ограждающих конструкций здания при фиксированном значении нагрузки ГВС, представляет собой отношение суточной нагрузки отопления при температуре наружного воздуха равной $0^{\circ}C$ 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

$$r=(\lambda m+\kappa\rho_в c_p^в)Vt_в/\ell S, \quad (3.6)$$

где λ – удельные тепловые потери здания, Вт/(м³ · °С);
m – количество часов в сутках;
κ – кратность вентиляционного обмена воздуха, 1/сут;
$\rho_в$ – плотность воздуха при $0^{\circ}C$, кг/м³;
$c_p^в$ – теплоемкость воздуха при $0^{\circ}C$ и постоянном давлении, Вт.ч/(кг.°С);
V – объем здания, м³;
$t_в$ – температура воздуха внутри здания, °С;
ℓ – суточная нагрузка ГВС, равная 517 Вт.ч/м²;
S – жилая площадь здания, м²;
$\alpha_1 \ldots \alpha_9$; $\beta_1 \ldots \beta_9$ – 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 λ, κ, V, $t_в$, S закладываются при проектировании ССТ.

Значения коэффициента α для солнечных коллекторов
П и Ш типов

Таблица 3.I

Тип коллектора	Значения коэффициентов								
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9
П	607,0	-80,0	-3,0	-I340,0	437,5	22,5	I900,0	-II25,0	25,0
Ш	298,0	I48,5	-6I,5	I50,0	III2,0	337,5	-700,0	I725,0	-775,0

Таблица 3.2

Значения коэффициента β для солнечных коллекторов
П и Ш типов

Тип коллектора	Значения коэффициентов								
	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9
П	I,I77	-0,496	0,I40	-2,6	3,6	-0,995	3,350	-5,05	I,400
Ш	I,062	-0,434	0,I58	-2,465	2,958	-I,088	3,550	-4,475	I,775

Уравнение (3.3) применимо при значениях:

$$I050 \leq H \leq I900; \qquad I \leq r \leq 3; \quad 0,2 \leq f \leq 0,4.$$

3.3.2. Общая площадь поверхности солнечных коллекторов находится по формуле

$$F = Qf/q, \ м^2 \qquad (3.7)$$

3.4. Расчет системы солнечного горячего водоснабжения (СГВС)

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

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

Значения коэффициентов a и b находятся из табл.3.3.

Таблица 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

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

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

Δq - изменение годовой удельной теплопроизводительности СГВС, %.

Таблица 3.4

Изменение значения удельной годовой теплопроизводительности Δq от годового поступления солнечной радиации на горизонтальную поверхность H и коэффициента f

Значения H, кВт.ч/м^2	Значения Δq, % при			
	f =0,3	f =0,4	f =0,5	f =0,6
Менее I500	+I7	+9	0	-I0
Более I500	+I0	+5	0	-6

Значение f больше 0,6 достигается при $H \geq$ I700.

3.4.3. Общая площадь поверхности солнечных коллекторов СГВС определяется по формуле

$$F = Qf/q, \text{ м}^2. \qquad (3.I0)$$

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

4.I. 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 I5^0 ведет к уменьшению прихода солнечной радиации на 5%, а на запад до 30^0 - на I0%.

4.4. Угол наклона солнечных коллекторов к горизонту при круглогодичной работе установки должен приниматься равным широте местности для солнечного ГВС и φ +I5^0 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 кг/($м^2$·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.I0. В системе теплоснабжения необходимо предусматривать арматуру для заполнения системы, а в нижней части - для спуска теплоносителя с уклоном трубопровода 0,002.

4.II. Рекомендуется предусматривать I0%-ный запас площади поверхности солнечных коллекторов на случай выхода части ее из строя, ухудшения теплопередающих свойств и загрязнения поверхности остекления.

4.I2. Движение теплоносителей в контурах следует принимать по противоточной схеме.

4.I3. Тепловые потери через изоляцию БА, теплообменников и трубопроводов не должны превышать 5% теплопроизводительности СК.

4.I4. Для поддержания постоянной температуры горячей воды, подаваемой к потребителю, установки должны обеспечиваться автоматическими регуляторами температуры.

4.I5. При использовании в гелиоконтуре в качестве теплоносителя воды необходимо предусмотреть ее химическую обработку и деаэрирование перед заполнением системы.

4.I6. 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.I7. Система теплоснабжения должна включать дублер, работающий совместно с солнечной установкой при длительном отсутствии солнечной радиации, обеспечивающий I00%-ное покрытие тепловой нагрузки здания.

5. ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

5.I. Применение ССТ считается целесообразным, если выполняется условие

$$З_С \leq З_Б , \qquad (5.I)$$

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

$З_Б$ - 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

$$З_С = С_С / Q , \qquad (5.2)$$

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

$$С_С = (К_С + К_Б) E_Н + Э_С К_С + Э_Б К_Б + Ц N_Э - К_Э - К_П , \qquad (5.3)$$

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

$К_Б$ - капитальные затраты на дублер, руб;

$E_Н$ - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений (0,I);

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

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

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

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

$К_э$ - эффект от снижения загрязнения окружающей среды, руб;

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

Удельные приведенные затраты определяются по формуле

$$З_б = С_б / Q , \qquad (5.4)$$

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

$$С_б = К_б E_н + Э_б К_б , \qquad (5.5)$$

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

$Э_б$ - 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 $К_п$ при отключении дублера в период полного покрытия тепловой нагрузкой ССТ, определяется по формуле

$$К_п = \frac{З_п}{12} Ч_{пн} , \qquad (5.6)$$

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

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

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

$$B = \frac{Q_c}{10^3 Q_н^р \eta}, \qquad (5.7)$$

где $Q_н^р$ - низшая теплота сгорания условного топлива, кВт.ч/кг;

η - КПД замещаемого источника энергии.

6. ОБОЗНАЧЕНИЯ

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

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

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

$К_с$ - капитальные затраты на ССТ, руб.;

$К_б$ - капитальные затраты на дублер, руб.;

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

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

$Е_н$ - нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений;

$С_с$ - приведенные затраты на ССТ и дублер, руб/год;

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

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

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

$Э_б$ - доля эксплуатационных расходов от капитальных затрат на базовый источник тепловой энергии;

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

$В$ - 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;

$Q_н^р$ - низшая теплота сгорания условного топлива, кВт·ч/кг;

$Q_с$ - годовая теплопроизводительность ССТ, кВт·ч;

F - площадь поверхности СК, м^2;

U_L - общий коэффициент тепловых потерь, Вт/(м^2 · °С);

F_R - коэффициент эффективности солнечного коллектора;

V_a - удельная вместимость бака-аккумулятора, л/м^2;

V - объем здания, м^3;

S - жилая площадь здания, м^2;

N_g - количество тепловой энергии, вырабатываемой дублером за год, ГДж;

a - параметр;

$б$ - параметр;

$t_г$ - температура горячей воды на выходе из СК, °С;

$t_х$ - 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^2;

f - доля полной среднегодовой тепловой нагрузки, обеспечиваемой за счет солнечной энергии (коэффициент замещения);

φ - географическая широта, град.;

ε - степень черноты поглощательной поверхности СК в диапазоне рабочих температур коллектора;

ε_1 - эффективность водяного теплообменника;

ε_2 - эффективность водовоздушного теплообменника;

$\tau_п$ - 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^2·ч);

α - поглощательная способность теплоприемной поверхности;

$\alpha_1 - \alpha_g$ - коэффициенты;

$\beta_1 ... \beta_g$ - коэффициенты;

Γ - характеристика теплоизолирующих свойств ограждающих конструкций здания при фиксированном значении нагрузки ГВС;

λ - удельные тепловые потери здания, Вт/(м^3.^{o}С);

m - количество часов в сутках;

κ - кратность вентиляционного обмена воздуха, 1/сут;

$\rho_{0б}$ - плотность воздуха при 0°С, кг/м^3;

C_p - теплоемкость воздуха при 0°С и постоянном давлении, Вт.ч/(кг.^{o}С);

ℓ - удельная суточная нагрузка ГВС, Вт.ч/м^2;

C_{min} - меньший из водяных эквивалентов водовоздушного теплообменника, Вт/^{o}С;

η - КПД замещаемого источника энергии.

Приложение 1

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 тепловоспринимающей поверхности	Площадь поверхности поглощающего элемента, освещенная солнцем в условиях нормального падения лучей

Окончание приложения 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 I °С
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

Приложение 2

Теплотехнические характеристики солнечных коллекторов

Наименование величины	Тип коллектора		
	I	II	III
Общий коэффициент тепловых потерь U_L, Вт/(м².°С)	7,5	4,3	4,4
Поглощательная способность теплоприемной поверхности α	0,95	0,90	0,95
Степень черноты поглощательной поверхности в диапазоне рабочих температур коллектора ε	0,95	0,10	0,95
Пропускательная способность остекления τ_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 отопительного оборудования	Спецгелиотепломонтаж ГССР	КиевЗНИИЭП	Бухарский завод гелиоаппаратуры
Длина, мм	I530	I000-3000	I624	II00
Ширина, мм	630	600	I008	650
Высота, мм	98	70-I00	I00	III
Масса, кг	50,5	30-50	37	36
Тепловоспринимающая поверхность, $м^2$	0,8	0,6-I,5	I,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		Проходное сечение		Поверхность нагрева одной секции, $м^2$	Длина секции, мм	Масса одной секции, кг
	внутренней трубы	наружной трубы	внутренней трубы, $см^2$	кольцевого канала, $см^2$			
ТТ I-25/38-I0/I0	25/20	38/32	3,I4	I,I3	I,4	I500	I40
ТТ 2-25/38-I0/I0	25/20	38/32	6,28	6,26	I,4	I500	I40

Приложение 5

Годовой приход суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (H), кВт·ч/м^2

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
Колпаково	1406

Продолжение приложения 5

Населенный пункт	*H*
Киргизская ССР	
Фрунзе	1538
Тянь-Шань	1915
РСФСР	
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	H
Оренбургская область	
Бузулук	II82
Ростовская область	
Цимлянск	I284
Гигант	I3I4
Саратовская область	
Ершов	I263
Саратов	I233
Ставропольский край	
Ессентуки	I294
Узбекская ССР	
Самарканд	I66I
Тамдыбулак	I752
Тахнаташ	I68I
Ташкент	I559
Термез	I844
Фергана	I67I
Чурук	I6I0
Таджикская ССР	
Душанбе	I752
Туркменская ССР	
Ак-Молла	I834
Ашхабад	I722

Продолжение приложения 5

Населенный пункт	H
Гасан-Кули	I783
Кара-Богаз-Гол	I67I
Чарджоу	I885
Украинская ССР	
Херсонская область	
Херсон	I335
Аскания Нова	I335
Сумская область	
Конотоп	I080
Полтавская область	
Полтава	II00
Волынская область	
Ковель	I070
Донецкая область	
Донецк	I233
Закарпатская область	
Берегово	I202
Киевская область	
Киев	II4I
Кировоградская область	
Знаменка	II6I

Окончание приложения 5

Населенный пункт	*H*
Крымская область	
Евпатория	I386
Карадаг	I426
Одесская область	
Одесса	I355

Приложение 6

Высота солнца над горизонтом, град.

Географическая широта, °с.ш.	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
38	30,8	39,2	49,8	6I,7	70,8	75,3	73,6	66,2	55,I	43,6	33,6	28,7
40	28,8	37,2	47,8	59,7	68,8	73,3	7I,6	64,2	53,I	4I,6	3I,6	26,7
42	26,8	35,2	45,8	57,7	66,8	7I,3	69,6	62,2	5I,I	39,6	29,6	24,7
44	24,8	33,2	43,8	55,7	64,8	69,3	67,6	60,2	49,I	37,6	27,6	22,7
46	22,8	3I,2	4I,8	53,7	62,8	67,3	65,6	58,2	47,I	35,6	25,6	20,7
48	20,8	29,2	39,8	5I,7	60,8	65,3	63,6	56,2	45,I	33,6	23,6	I8,7
50	I8,8	27,2	37,8	49,7	58,8	63,3	6I,6	54,2	43,I	3I,6	2I,6	I6,7
52	I6,8	25,2	35,8	47,7	56,8	6I,3	59,6	52,2	4I,I	29,6	I9,6	I4,7
54	I4,8	23,2	33,8	45,7	54,8	59,3	57,6	50,2	39,I	27,6	I7,6	I2,7

Приложение 7

Свойства антифризов, применяемых в солнечных системах теплоснабжения

Наименование	Хлористый натрий (23,1%-й раствор)	Хлористый кальций (29,9%-й раствор)	Пропилен гликоль (60%-й раствор)	Этилен гликоль (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^{-3} 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^3	-	-	-	1077	1483-1490
Теплоемкость кДж/(м^3·°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. Теплоносителю 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
Флуоресцоин	0,01	0,01
Вода	До 100	До 100

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. 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 I2

5. Обоснование экономической целесообразности применения солнечной системы теплоснабжения I4

6. Обозначения I6

П р и л о ж е н и е I. Терминология по солнечному теплоснабжению I8

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 2I

П р и л о ж е н и е 4. Технические характеристики проточных теплообменников типа ТТ 2I

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

gost.e-ecolog.ru