ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54856— 2011

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ

Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с солнечными установками

EN 15316-4-3:2007
Heating systems in buildings — Method for calculation of systems energy requirements and system efficiencies — Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems
(NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2012

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Проектный, конструкторский и научно-исследовательский институт «СантехНИИпроект» (ОАО «СантехНИИпроект»), Открытым акционерным обществом «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» (ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ») и Государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт Мосстрой» (ГУП «НИИ Мосстрой») на основе выполненного Открытым акционерным обществом «Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве» (ОАО «ЦНС») аутентичного перевода на русский язык европейского регионального стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2011 г. № 1561-ст

4 В настоящем стандарте учтены основные положения европейского регионального стандарта ЕН 15316-4-3:2007 «Системы отопления в зданиях. Метод расчета энергетической потребности системы и эффективности системы. Часть 4-3. Системы отопления помещений, тепловые солнечные системы» (EN 15316-4-3:2007 «Heating systems in buildings — Method for calculation of systems energy requirements and system efficiencies — Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems», NEQ).

Наименование настоящего стандарта изменено по отношению к наименованию европейского стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2004 (подраздел 3.5)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной сети общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2012

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины, определения, обозначения и единицы измерения . . . 2
3.1 Термины и определения . . . 2
3.2 Обозначения и единицы измерения . . . 3
4 Основы методики . . . 5
4.1 Влияние тепловых потребностей здания на производительность системы солнечного теплоснабжения . . . 5
4.2 Влияние системы солнечного теплоснабжения на энергетические характеристики здания . . . 5
4.3 Производительность системы солнечного теплоснабжения . . . 5
4.4 Тепловой баланс подсистемы генерации тепла, включая систему управления . . . 5
4.5 Дополнительная энергия . . . 7
4.6 Возмещаемые, возмещенные и невозмещаемые тепловые потери . . . 8
4.7 Расчетные периоды . . . 8
5 Расчет подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения . . . 8
5.1 Методики расчета . . . 8
5.2 Методика А — расчет с использованием параметров системы (результатов испытаний системы) . . . 8
5.3 Методика В — расчет по данным, относящимся к компонентам (результатам, полученным при испытаниях компонентов) . . . 11
Приложение А (рекомендуемое) Определение тепловых характеристик систем солнечного теплоснабжения . . . 18
Приложение Б (справочное) Информативные значения, используемые в методиках расчета . . . 26
Приложение В (справочное) Классификация продукции . . . 31
Приложение Г (справочное) Расчет экономии энергии . . . 32
Библиография . . . 33

Введение

Настоящий стандарт является частью группы стандартов, целью которых является гармонизация методики расчета энергетической эффективности зданий в соответствии с Федеральными законами Российской Федерации [1], [2], а также с основополагающими требованиями директив Европейского сообщества по общей энергетической эффективности зданий (EPBD) [3].

В настоящем стандарте представлены методики расчета тепловой энергии, получаемой на входе в систему солнечного отопления и/или горячего водоснабжения, тепловых потерь и потребления дополнительной энергии в системе теплогенерации с солнечными установками. Расчеты основаны на теплотехнических характеристиках компонентов системы теплоснабжения, установленных стандартами на них, и других параметров, необходимых для оценки производительности элементов, входящих в систему.

Данные методики могут использоваться в следующих случаях:

- оценка соблюдения нормативных энергетических показателей;
- оптимизация энергетических параметров создаваемой теплогенерирующей системы путем сравнения нескольких возможных вариантов;
- оценка влияния разных энергосберегающих мероприятий на показатели существующей теплогенерирующей системы путем расчета энергопотребления при наличии и при отсутствии энергосберегающих мероприятий. При этом экономию энергии (за счет использования системы солнечного теплоснабжения) определяют сравнением энергетических показателей здания с системой солнечного теплоснабжения и без нее.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ

Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с солнечными установками

Heat supply of buildings.
Methods for calculation of energy requirements and efficiencies of heat generation system with solar systems

Дата введения — 2012—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт представляет методику расчета энергопотребности зданий и эффективности систем теплогенерации с солнечными установками (включая систему управления), используемую для отопления помещений, горячего водоснабжения и комбинированных систем теплоснабжения.

Область применения данной части стандарта распространяется на стандартизацию:

- необходимых исходных данных, методики расчета,
- требуемых результатов расчета.

Основы расчета полного расхода энергии и определение номинальных энергетических характеристик приведены в [4].

Рассматриваются следующие типичные системы солнечного теплоснабжения:

- системы горячего водоснабжения промышленного изготовления по [5] или изготавливаемые по спецзаказу по [6];
- комбинированные системы (горячего водоснабжения и отопления помещений) [6];
- системы отопления помещений, соответствующие [6].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р ЕН 15316-1—2007 Системы теплоснабжения в зданиях. Методика расчета энергопотребности и энергоэффективности системы теплоснабжения. Общие положения

ГОСТ Р 51594—2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Термины и определения

ГОСТ Р 51595—2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные. Общие технические условия

ГОСТ Р 51596—2000 Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные. Методы испытаний

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины, определения, обозначения и единицы измерения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины и определения по ГОСТ Р 51594 и ГОСТ Р ЕН 15316-1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **апертурная площадь** (aperture area): Площадь прозрачного ограждения солнечного коллектора, через которое солнечное излучение поступает в коллектор.

3.1.2 **возмещаемые тепловые потери системы** (recoverable system thermal loss): Часть тепловых потерь системы, которая может быть возвращена в систему путем рекуперации для снижения энергопотребления системы отопления или охлаждения либо расхода тепла для отопления или охлаждения.

3.1.3 **дополнительная энергия** (auxiliary energy): Электрическая энергия, потребляемая инженерными системами здания для отопления, охлаждения, вентиляции и горячего водоснабжения энергетических потребностей здания.

Примечания

1 Дополнительная энергия включает в себя электрическую энергию, расходуемую на привод вентиляторов, насосов, системы автоматики и т. д. Электрическая энергия, подводимая к системе вентиляции для перемещения воздуха и возврата тепла, рассматривается не как дополнительная энергия, а как энергия, используемая для вентиляции.

2 В [7] энергия, используемая для привода насосов и задвижек, рассматривается как «паразитная энергия».

3.1.4 **инженерная подсистема здания** (technical building sub-system): Часть инженерной системы здания, которая выполняет специфическую функцию (например, выработку, распределение, выделение тепла).

3.1.5 **инженерная система здания** (technical building system): Инженерное оборудование для отопления, охлаждения, вентиляции, горячего водоснабжения, освещения и электроснабжения, состоящее из инженерных подсистем.

Примечание — Инженерная система здания может иметь отношение к одной или нескольким службам (например, к системе отопления и системе горячего водоснабжения).

3.1.6 **комбинированная система солнечного теплоснабжения** (solar combisystem): Система, использующая солнечную энергию одновременно для частичного или полного покрытия нагрузки отопления и горячего водоснабжения потребителя.

3.1.7 **контур солнечного коллектора** (collector loop): Контур циркуляции, включающий в себя солнечные коллекторы, циркуляционный насос или вентилятор, сеть трубопроводов и теплообменник (если он есть в системе), который используется для передачи тепла от солнечных коллекторов к тепловому аккумулятору.

3.1.8 **коэффициент замещения тепловой нагрузки потребителя системой солнечного теплоснабжения** (доля покрытия нагрузки — solar fraction): Энергия, вырабатываемая солнечной частью системы, деленная на суммарный расход тепла всей системы (без тепловых потерь системы)

3.1.9 **оптический КПД солнечного коллектора** (zero-loss collector efficiency): Отношение количества поглощенной коллектором солнечной энергии к поступившей за тот же период времени на его полную поверхность суммарной солнечной энергии или КПД солнечного коллектора при средней температуре теплоносителя, равной температуре окружающей среды.

3.1.10 **расход тепла (тепловая нагрузка) на отопление и/или горячее водоснабжение** (heat use for space heating and/or domestic hot water): Тепловая энергия, передаваемая в систему отопления и/или горячего водоснабжения с целью обеспечения энергетических потребностей для отопления и/или горячего водоснабжения соответственно.

Примечания

1 Если инженерное оборудование здания используется для нескольких целей (например, для отопления и горячего водоснабжения), то бывает трудно выделить энергию, используемую для каждой конкретной цели. В этом случае расход тепла может быть выражен как суммарная величина (т. е. как сумма расходов тепла для отопления помещений и горячего водоснабжения).

2 Расход тепла для отопления помещений и/или горячего водоснабжения равен сумме энергопотребления и тепловых потерь системы отопления и/или горячего водоснабжения за вычетом снижения тепловых потерь за счет рекуперации тепла.

3.1.11 **резервная энергия** (back-up energy): Энергия источника тепла, используемого в качестве резервного источника энергии для системы солнечного теплоснабжения.

Примечание — В [7] резервную энергию называют вспомогательной (дополнительной) энергией.

3.1.12 **система, использующая только солнечную энергию** (система без дублера — solar-only system): Система солнечного теплоснабжения, не использующая источников резервной энергии.

Примечание — В [7] резервную энергию называют «дополнительной энергией».

3.1.13 **система, использующая солнечную и дополнительную энергию** (solar-plus-supplementary system): Система солнечного теплоснабжения, использующая одновременно источники как солнечной, так и резервной энергии и способная обеспечить заданный уровень теплоснабжения независимо от поступления солнечной энергии.

3.1.14 **система с принудительной циркуляцией теплоносителя** (forced-circulation system): Система, в которой циркуляция теплоносителя в солнечном коллекторе(ах) осуществляется специальным насосом или вентилятором.

3.1.15 **система предварительного солнечного подогрева** (solar preheat system): Система солнечного нагрева воды перед ее поступлением в водонагреватель другого типа.

3.1.16 **система солнечного горячего водоснабжения** [solar domestic hot water (DHW) system]: Система, использующая солнечную энергию для нагрева воды и обеспечивающая частичное или полное покрытие нагрузки горячего водоснабжения потребителя.

3.1.17 **система солнечного отопления** [solar space heating (SH) system]: Система, использующая солнечную энергию с целью частичного или полного покрытия отопительной нагрузки потребителя.

3.1.18 **система солнечного теплоснабжения** (thermal solar system): Система, состоящая из солнечных коллекторов и других компонентов, предназначенная для теплоснабжения.

3.1.19 **солнечный коллектор** (solar collector): Устройство для поглощения энергии солнечного излучения и преобразования ее в тепловую энергию.

3.1.20 **тепловые потери системы** (system thermal loss): Потери тепла в инженерной системе здания, обеспечивающей отопление, охлаждение, горячее водоснабжение, увлажнение и осушение воздуха, вентиляцию и освещение, не вносящие вклад в полезную теплопроизводительность системы.

Примечание — Тепловые потери системы могут стать для здания внутренним источником тепла, если они возмещаемые.

3.1.21 **термосифонная система солнечного теплоснабжения** (thermosiphon system): Система, в которой отвод тепла от солнечного коллектора к аккумулятору или теплообменнику осуществляется путем естественной циркуляции теплоносителя за счет использования разности плотности теплоносителя.

3.2 Обозначения и единицы измерения

В настоящем стандарте используются следующие символы и единицы измерения (см. таблицу 1), а также индексы (см. таблицу 2).

Таблица 1 — Обозначения и единицы измерения

Обозначение	Величина	Единица измерения
A	Апертурная площадь коллектора	$м^2$
A_c	Эффективная площадь контура коллектора	$м^2$
a_1	Коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора	$Вт/(м^2 \cdot К)$
a_2	Коэффициент температурной зависимости коэффициента тепловых потерь солнечного коллектора второго порядка	$Вт/(м^2 \cdot К^2)$
a, b, c, d, e, f	Коэффициенты корреляции	—
C_s	Теплоемкость бака-аккумулятора	МДж/К
E	Энергия солнечного излучения, поступающего на наклонную поверхность	$(кВт \cdot ч)/м^2$
f_{aux}	Часть объема бака-аккумулятора, используемая для резервного нагрева	—
f_{sol}	Коэффициент замещения тепловой нагрузки потребителя системой солнечного теплоснабжения (доля покрытия нагрузки)	%

Окончание таблицы 1

Обозначение	Величина	Единица измерения
f_{st}	Поправочный коэффициент на емкость бака-аккумулятора	—
I	Плотность потока солнечного излучения, приходящего на плоскость коллектора	Вт/м^2
IAM	Модификатор угла падения солнечного излучения	—
P	Мощность	Вт
Q	Количество теплоты	кВт · ч
S	Экономия	—
t	Время, период времени	ч
U	Коэффициент тепловых потерь	Вт/(м^2 · К)
U_c	Эффективный коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора (отнесенный к апертурной площади)	Вт/(м^2 · К)
V	Объем	л
W	Дополнительная (электрическая) энергия	кВт · ч
x, y	Безразмерные коэффициенты	—
ΔT	Расчетная разность температур	°С; К
θ_a	Средняя за рассматриваемый период температура окружающего воздуха	°С
θ_{cw}	Температура водопроводной воды	°С
θ_e	Средняя за рассматриваемый период температура наружного воздуха	°С
η	Коэффициент полезного действия (КПД)	—

Таблица 2 — Индексы

Индекс	Обозначение индекса	Индекс	Обозначение индекса
0	Исходные условия	*nom*	Номинальный
a	Воздух	*nrbl*	Невозмещаемый
an	Годовой	*nrvd*	Невозмещенный
aux	Дополнительный	*out*	Выход из системы
avg	Среднее	*p*	Насос
bu	Резервный	*par*	Показатель производительности Q_{par}
cw	Холодная вода	*rbl*	Возмещаемые (потери)
d	Показатель производительности Q_d	*ref*	Расчетный
dis	Распределение	*rvd*	Возмещенный
e	Внешний	*set point*	Заданное значение
H	Отопление	*sol*	Солнечный
in	Вход в систему	*st*	Аккумулятор
int	Внутренний	*Tot*	Полный
loop	Контур коллектора	*us*	Используемый
ls	Потери	*W*	Горячая вода
m	Месячный		

4 Основы методики

4.1 Влияние тепловых потребностей здания на производительность системы солнечного теплоснабжения

Теплопроизводительность системы солнечного теплоснабжения зависит от тепловой нагрузки. Тепловая нагрузка системы представляет собой потребность здания в тепле, включая энергетические потребности, потери тепла от отопительных приборов и систем распределения (трубы и насосы). В общем, чем выше тепловая нагрузка системы солнечного теплоснабжения, тем выше ее теплопроизводительность. Поэтому для определения теплопроизводительности системы необходимо знать ее тепловую нагрузку.

Тепловая нагрузка системы отопления включает в себя:

- тепловую энергию, требуемую для отопления помещений (см. [8]);
- потери тепла в отопительных приборах (см. [9]);
- потери тепла в системе распределения тепла (см. [10]).

Тепловая нагрузка системы горячего водоснабжения включает в себя:

- энергию, требуемую для горячего водоснабжения, включая потери в водонагревателях (см. [11]);
- потери тепла в системе распределения горячей воды (см. [12]).

4.2 Влияние системы солнечного теплоснабжения на энергетические характеристики здания

Влияние системы солнечного теплоснабжения на энергетические характеристики здания состоит в том, что:

- тепло, направляемое из системы солнечного теплоснабжения в систему распределения (для отопления и/или горячего водоснабжения), снижает потребление зданием другого вида тепла (например, генерируемого традиционными источниками);
- возмещенные потери системой солнечного теплоснабжения (для отопления и горячего водоснабжения) снижают тепловые потребности здания;
- электроэнергия, которую нужно подвести к системе солнечного теплоснабжения, увеличивает потребности здания в электроэнергии;
- снижается время работы традиционного генератора тепла. В некоторых случаях традиционный генератор тепла может быть отключен в теплый период года, за счет чего снижаются потери тепла от оборудования и потребление дополнительной электроэнергии.

4.3 Производительность системы солнечного теплоснабжения

Производительность системы солнечного теплоснабжения определяется следующими параметрами:

- характеристиками элементов системы в соответствии со стандартами на них: показателями производительности системы (годовой расход резервной энергии, коэффициент замещения и годовой расход дополнительной энергии) или параметрами солнечного коллектора (апертурная площадь, оптический КПД, коэффициент тепловых потерь и т. д.);
- параметрами бака-аккумулятора тепла (тип, размеры и т. д.);
- потерями тепла в контуре коллектора и потерями при распределении тепла (между баком-аккумулятором и резервным нагревателем: длина трубопроводов, их изоляция, эффективность системы и т. д.);
- настройками системы управления (заданные перепады температур, значения температур и т. д.);
- климатическими условиями (солнечное излучение, температура окружающей среды и т. д.);
- электроэнергией, расходуемой на работу насоса солнечного коллектора и блоков управления;
- потребностями тепла системы отопления;
- потребностями тепла системы горячего водоснабжения (или комбинированной системы теплоснабжения).

4.4 Тепловой баланс подсистемы генерации тепла, включая систему управления

В соответствии с общей структурой расчета тепловых потерь системы энергетические показатели подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения зависят от следующих исходных данных:

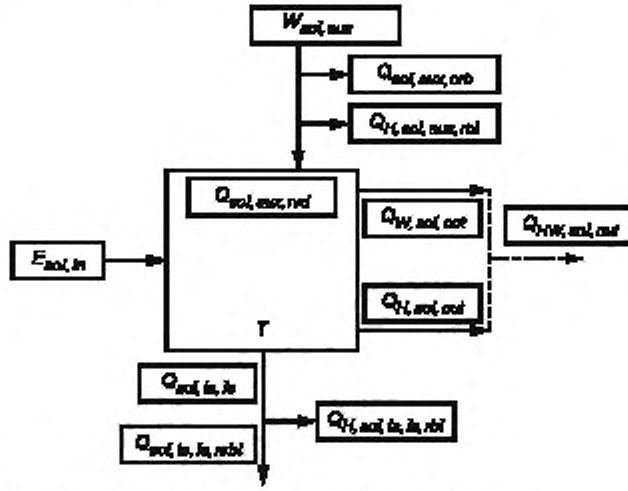
- тип и характеристика системы солнечного теплоснабжения;
- место размещения системы солнечного теплоснабжения;
- тип системы управления;
- тепловой нагрузки.

В настоящем стандарте необходимо использовать исходные данные, приведенные в других частях стандарта (ГОСТ Р ЕН 15316-1 и [4]).

На основании исходных данных рассчитывают выходные данные для подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения:

- тепло, подводимое от подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения;
- потери тепла в баке-аккумуляторе;
- расход дополнительной энергии на работу циркуляционного насоса и системы управления в контуре солнечного коллектора;
- возмещаемая и возмещенная дополнительная энергия;
- возмещаемые и возмещенные тепловые потери бака-аккумулятора.

Тепловые балансы подсистем генерации тепла систем солнечного теплоснабжения представлены на рисунках 1 и 2.



T — подсистема генерации тепла системы солнечного теплоснабжения;

$E_{sol,\ in}$ — солнечная энергия, падающая на поле солнечных коллекторов;

$Q_{W,\ sol,\ out}$ — тепло, передаваемое подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения в систему горячего водоснабжения;

$Q_{H,\ sol,\ out}$ — тепло, передаваемое подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения в систему отопления;

$Q_{HW,\ sol,\ out}$ — полное тепло, передаваемое подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения в систему теплоснабжения (отопление и горячее водоснабжение) здания;

$W_{sol,\ aux}$ — дополнительная электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления;

$Q_{H,\ sol,\ aux,\ rbl}$ — возмещаемая электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления (часть дополнительной электроэнергии, которую можно преобразовать в тепло для отопления);

$Q_{sol,\ aux,\ rvd}$ — возмещенная электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления (часть дополнительной электроэнергии, преобразованная в полезное тепло);

$Q_{sol,\ aux,\ nrbl}$ — невозмещаемая электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления (часть дополнительной электроэнергии, которую можно преобразовать в тепло для отопления и преобразовать в полезное тепло);

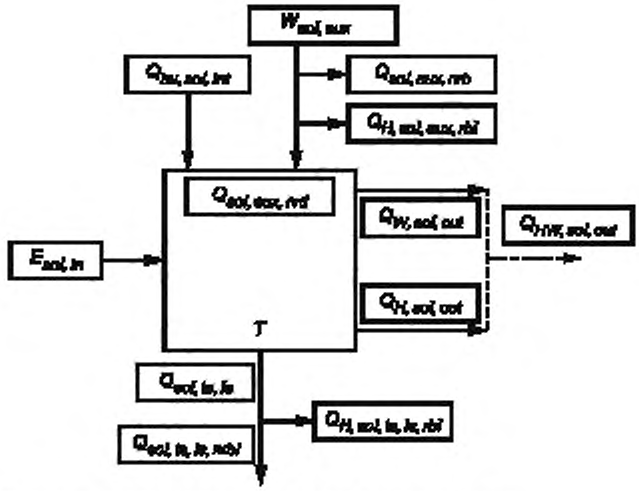
$Q_{sol,\ th,\ ls}$ — полные тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения;

$Q_{H,\ sol,\ ls,\ ls,\ rbl}$ — возмещаемые тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения (которые можно преобразовать в тепло для отопления);

$Q_{H,\ sol,\ ls,\ ls,\ nrbl}$ — невозмещаемые тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения (которые нельзя преобразовать в тепло для отопления).

Примечание — Для системы предварительного солнечного подогрева потребности в тепле от внешнего теплогенератора уменьшаются на величину $Q_{HW,\ sol,\ out}$.

Рисунок 1 — Тепловой баланс подсистемы генерации тепла системы предварительного солнечного подогрева или системы, использующей только солнечную энергию



T — подсистема генерации тепла системы солнечного теплоснабжения;

$E_{sol,\ in}$ — солнечная энергия, падающая на поле солнечных коллекторов;

$Q_{W\ sol,\ out}$ — тепло, передаваемое подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения в систему горячего водоснабжения;

$Q_{H,\ sol,\ out}$ — тепло, передаваемое подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения в систему отопления;

$Q_{HW,\ sol,\ out}$ — полное тепло, передаваемое подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения в систему теплоснабжения (отопление и горячее водоснабжение) здания;

$Q_{bu,\ sol,\ int}$ — требуемый подвод тепла от резервного нагревателя;

$W_{sol,\ aux}$ — дополнительная электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления;

$Q_{H,\ sol,\ aux,\ rbl}$ — возмещаемая электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления (часть дополнительной электроэнергии, которую можно преобразовать в тепло для отопления);

$Q_{sol,\ aux,\ rvd}$ — возмещенная электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления (часть дополнительной электроэнергии, преобразованная в полезное тепло);

$Q_{sol,\ aux,\ nrbl}$ — невозмещаемая электроэнергия, расходуемая на работу насосов и систем управления (часть дополнительной электроэнергии, которую можно преобразовать в тепло для отопления и преобразовать в полезное тепло);

$Q_{sol,\ th,\ ls}$ — полные тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения,

$Q_{H,\ sol,\ th,\ ls,\ rbl}$ — возмещаемые тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения (которые можно преобразовать в тепло для отопления);

$Q_{H,\ sol,\ th,\ ls,\ nrbl}$ — невозмещаемые тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения (которые нельзя преобразовать в тепло для отопления)

Рисунок 2 — Тепловой баланс подсистемы генерации тепла, использующей солнечную и дополнительную энергию

4.5 Дополнительная энергия

Дополнительная энергия необходима для работы подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения, например, для работы насосов контура солнечного коллектора, системы защиты от замерзания. Дополнительная энергия учитывается в подсистеме выработки тепла лишь тогда, когда энергия не переносится в распределительную систему, размещенную вне подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения.

В случае, если подсистема генерации тепла и различные распределительные системы, гидравлически развязаны, например, с помощью бака-аккумулятора, в подсистеме генерации тепла учитывают дополнительную энергию насоса контура солнечного коллектора, используемого для зарядки аккумулятора тепла.

Примечание — Термин «дополнительная энергия», применяемый в настоящем стандарте, в [7] называют «паразитной энергией» (он включает в себя расход энергии на работу насосов, вентиляторов и систем управления), тогда как термин «резервная энергия», применяемый в настоящем стандарте, в [7] называют «дополнительной энергией».

4.6 Возмещаемые, возмещенные и невозмещаемые тепловые потери

Рассчитанные потери тепла не обязательно являются потерянными. Часть потерь может быть возмещена, причем часть этих возмещаемых потерь действительно возмещается.

Возмещаемые потери тепла $Q_{H,sol,th,ls,rbl}$ представляют собой, например, потери тепла при его распределении между подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения и резервным нагревателем.

4.7 Расчетные периоды

Цель расчета — определение годовой теплопроизводительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения. Она может быть найдена одним из двух различных способов:

- с использованием годовых данных для периода эксплуатации системы и проведением расчетов по среднегодовым значениям;
- путем деления года на ряд расчетных периодов (например, месяцы или другие периоды эксплуатации, определенные в [8]), выполнения расчетов за каждый период с использованием данных за этот период и дальнейшего суммирования результатов за все периоды в течение года.

5 Расчет подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения

5.1 Методики расчета

В настоящем разделе представлены две методики определения теплопроизводительности, потребности в дополнительной энергии и возмещаемых потерь тепла подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения и других данных, относящихся к системе и необходимых для расчета энергетических характеристик здания, оборудованного системой солнечного теплоснабжения.

В этих двух методиках используются различные типы исходных данных:

- в методике А (см. 5.2) используются данные, относящиеся к системе в целом, т. е. параметры, полученные в результате испытаний системы или значения параметров по умолчанию в формате по [13] (показатели производительности). Возможно также использование результатов моделирования системы (модельные испытания);
- в методике В (см. 5.3) используются данные, относящиеся к компонентам, параметры компонентов, полученные при их испытаниях (или значения параметров компонентов по умолчанию).

В методике А в большей степени учитываются специфические параметры / характеристики системы (т. е. алгоритмы управления). В методике В используются только результаты испытаний компонентов (или значения по умолчанию).

Примечание — Методика А также может использоваться для комбинированных систем солнечного теплоснабжения с апертурной площадью солнечного коллектора менее 6 м^2. Ограничивающим условием проведения испытаний этих систем согласно [13] является возможность проведения функциональных испытаний системы горячего водоснабжения без учета отопления. В этом случае данные, относящиеся к системе, применимы только к горячему водоснабжению, и таким образом не учитывается отопление, использующее тепловую солнечную систему.

5.2 Методика А — расчет с использованием параметров системы (результатов испытаний системы)

5.2.1 Общие положения

Методика расчета включает в себя следующие этапы:

- поиск показателей производительности по результатам испытаний, представленным в протоколах испытаний по [13];
- определение теплопроизводительность подсистемы генерации тепла;
- определение расхода дополнительной энергии на нужды вспомогательного оборудования подсистемы генерации тепла;
- расчет потерь тепла в подсистеме генерации тепла;
- определение потерь тепла бака-аккумулятора;
- определение потерь тепла в процессе его передачи между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем;
- расчет возмещаемых тепловых потерь подсистемы генерации тепла;
- определение возмещаемого расхода дополнительной энергии;

- определение возмещаемых потерь тепла бака-аккумулятора;
- определение возмещаемых потерь тепла в процессе его передачи между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем.

Примечания

1 До настоящего времени данная методика является достоверной исключительно для систем горячего водоснабжения, подвергнутых испытаниям по [13].

Результаты испытаний должны включать в себя показатели производительности для фактического климата и тепловой нагрузки как выше или равной, так и ниже или равной фактической.

2 Предполагается также применять эту методику к системам, в которых параметры/характеристики системы определены с помощью признанных методов моделирования.

5.2.2 Определение тепловой нагрузки системы солнечного теплоснабжения

Тепловая нагрузка системы солнечного теплоснабжения зависит от ее конфигурации (система предварительного подогрева, система, использующая солнечную и дополнительную энергию, система, использующая только солнечную энергию).

Для того чтобы упростить расчет и избежать использования итерационных процедур расчета, делают следующие допущения:

- для всех конфигураций тепловая нагрузка должна учитывать потребности (горячего водоснабжения) и потери тепла в подсистеме распределения. Значения тепловой нагрузки являются исходными данными для данной методики;
- для системы предварительного подогрева потери тепла между подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения и резервным нагревателем не должны добавляться к тепловой нагрузке;
- потери тепла в подсистеме генерации тепла системы солнечного теплоснабжения (потери от бака-аккумулятора и контура коллектора) не должны добавляться к тепловой нагрузке.

5.2.3 Производительность подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения

5.2.3.1 Общие положения

Для определения производительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения индикаторы производительности по [13] должны быть применимы к системе и отвечать реальным условиям эксплуатации.

Показатели производительности для фактического климата и тепловой нагрузки как выше или равной, так и ниже или равной фактической должны быть зафиксированы в результатах испытаний.

5.2.3.2 Система, использующая только солнечную энергию, и система предварительного подогрева — определение ежемесячной производительности.

Годовую теплопроизводительность $Q_{sol,\ out,\ an}$, кВт · ч, системы, использующей только солнечную энергию, или системы предварительного подогрева рассчитывают по формуле

$$Q_{sol,\ out,\ an} = f_{sol} \cdot Q_{sol,\ us,\ an}, \qquad (1)$$

где f_{sol} — коэффициент замещения тепловой нагрузки потребителя системой солнечного теплоснабжения, определенный интерполяцией для соответствия фактической годовой тепловой нагрузке [см. (2)];

$Q_{sol,\ us,\ an}$ —фактическая годовая тепловая нагрузка, кВт · ч, определенная по 5.2.2.

Определение f_{sol} для фактической тепловой нагрузки

Единицу измерения для $Q_{sol,\ us,\ an}$, переводят из кВт · ч в МДж для соответствия показателю производительности Q_d, рассчитанному по [13]:

$$Q_d = Q_{sol,\ us,\ an} \cdot 3{,}6,$$

а f_{sol}, %, определяют интерполяцией по данным протоколов испытаний:

$$f_{sol} = f_{sol,\ i-1} + (f_{sol+1} - f_{sol,\ i-1})\,(Q_d - Q_{d,\ i-1})/(Q_{d,\ i+1} - Q_{d,\ i-1}). \qquad (2)$$

Индексы i –1 и i+1 соответствуют ближайшему набору значений ниже и выше фактического значения Q_d (стандартная процедура интерполяции).

Определение месячной производительности

Принимая, что значения месячной производительности $Q_{sol,\ out,\ m}$, кВт · ч, подсистемы генерации тепла пропорциональны месячной сумме солнечного излучения, их рассчитывают по формуле

$$Q_{sol,\ out,\ m} = Q_{sol,\ out\ an}\ (I_m \cdot t_m)/(I_{an} \cdot t_{an}), \quad (3)$$

где I_m — средняя за рассматриваемый период плотность потока солнечного излучения в плоскости коллектора, Вт/м²; принимается по приложению Б;

t_m — продолжительность месяца в часах (28 дней — 672 ч; 30 дней — 720 ч, 31 день — 744 ч);

I_{an} — среднегодовая плотность потока солнечного излучения в плоскости коллектора, Вт/м²; ее значения приведены в приложении Б;

t_{an} — продолжительность года в часах (8760 ч).

Ограничение производительности системы солнечного теплоснабжения:

- значение теплопроизводительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения не может быть отрицательной. Если в результате расчета по формуле (1) получается отрицательное значение, то значение производительности принимают равным нулю;

- значение теплопроизводительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения не может быть выше значения тепловой нагрузки. Если значение производительности выше, то значение устанавливают равным тепловой нагрузке.

5.2.3.3 Система, использующая солнечную и дополнительную энергию, — определение ежемесячной производительности

Годовую теплопроизводительность $Q_{sol,\ out,\ an}$, кВт · ч, системы, использующей солнечную и дополнительную энергию, рассчитывают по формуле

$$Q_{sol,\ out\ an} = Q_{sol,\ us,\ an} - Q_{bu,\ sol,\ int}, \quad (4)$$

где $Q_{sol,\ us,\ an}$ — фактическая годовая тепловая нагрузка, определенная в соответствии с 5.2.2, кВт · ч;

$Q_{bu.\ sol,\ int}$ — потребность системы отопления в энергии резервного нагревателя, определенная интерполяцией для соответствия фактической годовой тепловой нагрузке, кВт · ч.

Определение $Q_{bu,\ sol,\ int}$, кВт · ч, для фактической годовой тепловой нагрузки:

Единицу измерения для $Q_{sol,\ us,\ an}$ переводят из кВт · ч в МДж для соответствия показателю производительности Q_d, рассчитанному по [13]:

$$Q_d = Q_{sol,\ us,\ an} \cdot 3{,}6,$$

где $Q_{sol,\ us,\ an}$ определено интерполяцией по данным протоколов испытаний:

$$Q_{sol,\ us,\ an} = Q_{bu\ \ sol,\ int,\ i-1} + (Q_{bu,\ sol,\ int,\ i+1} - Q_{bu\ \ sol,\ int,\ i-1})(Q_d - Q_{d,\ i-1})/(Q_{d,\ i+1} - Q_{d,\ i-1}). \quad (5)$$

Индексы i–1 и i+1 соответствуют ближайшему набору значений ниже и выше фактического значения Q_d (стандартная процедура интерполяции).

Определение ежемесячной производительности:

В предположении, что значения месячной производительности $Q_{sol,\ out,\ m}$, кВт · ч, подсистемы генерации тепла пропорциональны месячной сумме солнечного излучения, их рассчитывают по формуле

$$Q_{sol,\ out,\ m} = Q_{sol\ \ out,\ an} \cdot (I_m \cdot t_m)/(I_{an} \cdot t_{an}), \quad (6)$$

где I_m — средняя за рассматриваемый период плотность потока солнечного излучения в плоскости коллектора, Вт/м², ее значения приведены в приложении Б;

t_m — продолжительность месяца в часах (28 дней — 672 ч; 30 дней — 720 ч, 31 день — 744 ч);

I_{an} — среднегодовая плотность потока солнечного излучения в плоскости коллектора, Вт/м²; ее значения приведены в приложении Б;

t_{an} — продолжительность года в часах (8760 ч).

Ограничение производительности системы солнечного теплоснабжения:

- значение теплопроизводительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения не может быть отрицательным. Если в результате расчета по формуле (1) получается отрицательное значение, то значение производительности принимают равным нулю;

- значение теплопроизводительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения не может быть выше значения тепловой нагрузки. Если значение производительности выше, то значение устанавливают равным значению тепловой нагрузки.

5.2.4 Определение расхода дополнительной энергии на нужды вспомогательного оборудования системы солнечного теплоснабжения

Одни тепловые солнечные системы потребляют электроэнергию, расходуемую на собственные нужды (см. 3.2), а другие нет:

- для термосифонных систем расход энергии на собственные нужды равен нулю;
- для систем с принудительной циркуляцией принимается во внимание расход энергии на работу насосов и регуляторов.

Годовая потребность в дополнительной энергии на работу насосов и систем управления определяется по результатам испытаний (параметр Q_{par}) по [13].

Параметр Q_{par} интерполируется для соответствия фактической годовой тепловой нагрузке по формуле, аналогичной (2) или (5), после чего единицы измерения переводятся из МДж в кВт · ч:

$$W_{sol,\ aux} = Q_{par}/3{,}6, \qquad (7)$$

где Q_{par} — годовая потребность в дополнительной энергии на работу насосов и систем управления, определенная интерполяцией для соответствия фактической годовой тепловой нагрузке, МДж.

Месячные значения потребности в дополнительной энергии на работу насосов и систем управления определяют пропорционально месячным суммам солнечного излучения, указанным в приложении Б (например, если в январе месячная сумма солнечного излучения составляла 5 % годовой, то в январе расход энергии на работу насосов будет составлять 5 % годового расхода энергии на работу насосов).

5.2.5 Потери тепла системы

Потери тепла системы рассчитывают в соответствии с 5.3.5 (методика В).

5.2.6 Возмещаемые потери тепла

Возмещаемые потери тепла рассчитывают в соответствии с 5.3.6 (методика В).

5.3 Методика В — расчет по данным, относящимся к компонентам (результатам, полученным при испытаниях компонентов)

5.3.1 Общие положения

Данная методика расчета, основанная на использовании *f*-диаграмм [14], включает в себя следующие этапы:

- определение тепловых нагрузок системы (исходные данные для этого расчета):
- расчет доли отопительной нагрузки в суммарной нагрузке системы теплоснабжения P_H;
- расчет доли нагрузки по горячему водоснабжению в суммарной нагрузке системы теплоснабжения P_w;
- расчет безразмерного параметра X (отношения тепловых потерь системы генерации тепла к тепловой нагрузке);
- определение апертурной площади коллектора A;
- определение коэффициента потерь тепла в контуре солнечного коллектора U_{loop};
- определение КПД контура солнечного коллектора η_{loop};
- определение расчетного перепада температур ΔT;
- расчет поправочного коэффициента на емкость бака-аккумулятора f_{st} в зависимости от конфигурации системы (система предварительного нагрева или система, использующая солнечную и дополнительную энергию);
- выделение объема бака-аккумулятора, относящегося к отоплению или горячему водоснабжению;
- расчет безразмерного параметра Y (отношение суммы поглощенного солнечного излучения к тепловой нагрузке системы):
- определение оптического КПД солнечного коллектора η_0;
- определение плотности потока солнечного излучения I в плоскости коллектора;
- расчет производительности системы солнечного теплоснабжения на отопление и горячее водоснабжение и ее суммарной теплопроизводительности;

- расчет потребности в дополнительной энергии на нужды вспомогательного оборудования системы солнечного теплоснабжения;
- расчет потерь тепла в системе солнечного теплоснабжения:
- определение потерь тепла баком-аккумулятором;
- определение потерь тепла при его передаче между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем;
- расчет возмещаемых потерь подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения:
- определение возмещаемой потребности в дополнительной энергии;
- определение возмещаемых потерь тепла бака-аккумулятора;
- определение возмещаемых потерь тепла при его передаче между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем.

5.3.2 Определение тепловой нагрузки системы солнечного теплоснабжения

Тепловая нагрузка системы солнечного теплоснабжения зависит от:

- вида потребления (горячее водоснабжение и/или отопление);
- конфигурации системы солнечного теплоснабжения (солнечная система предварительного подогрева, система, использующая солнечную и дополнительную энергию, система, использующая только солнечную энергию).

Для того чтобы упростить расчет и избежать использования итеративных процедур расчета, делаются следующие допущения:

- для всех служб здания тепловая нагрузка должна учитывать потребности (т. е. количество тепла на отопление и горячее водоснабжение) и потери тепла в распределительных системах. Значения тепловой нагрузки являются исходными данными для этого метода;
- для системы предварительного подогрева потери тепла между подсистемой генерации тепла системы солнечного теплоснабжения и резервным нагревателем не должны добавляться к тепловой нагрузке;
- потери тепла в подсистеме генерации тепла системы солнечного теплоснабжения (потери от бака-аккумулятора и контура коллектора) не должны добавляться к тепловой нагрузке.

Примечание — При использовании данной методики считают, что резервный нагреватель не компенсирует потери при распределении горячей воды.

5.3.3 Производительность подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения

5.3.3.1 Основные положения

При расчете производительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения рассматривают три случая:

а) только горячее водоснабжение.

В этом случае рассчитывают производительность системы $Q_{w,\,sol,\,out}$ с помощью метода расчета, изложенного в 5.3.2.2, используя только тепловую нагрузку по горячему водоснабжению и характеристики системы горячего водоснабжения (площадь коллектора, объем бака-аккумулятора и т. д.);

б) только отопление.

В этом случае рассчитывают производительность системы $Q_{H,\,sol,\,out}$, с помощью метода расчета, изложенного в 5.3.2.2, используя только отопительную тепловую нагрузку и характеристики системы отопления помещений (площадь коллектора, объем бака-аккумулятора и т. д.);

в) комбинированная система солнечного теплоснабжения (горячее водоснабжение и отопление).

В случае комбинированной системы [15] рассчитывают производительность системы для нужд горячего водоснабжения и производительность для нужд отопления с помощью методики расчета, изложенного в 5.3.2.2. Методику применяют дважды, при этом апертурную площадь коллектора и объем бака-аккумулятора (если используется только один бак-аккумулятор) делят на две части в зависимости от соотношения отопительной нагрузки и нагрузки на горячее водоснабжение.

Полную производительность системы $Q_{Tot,\,sol,\,out}$, кВт · ч, определяют по формуле

$$Q_{Tot,\,sol,\,out} = Q_{w,\,sol,\,out} + Q_{H,\,sol,\,out}, \qquad (8)$$

где $Q_{w,\,sol,\,out}$ — тепло, подводимое подсистемой генерации тепла в распределительную систему горячего водоснабжения, кВт · ч;

$Q_{H,\ sol,\ out}$ — тепло, подводимое подсистемой генерации тепла в распределительную систему отопления, кВт · ч.

Разделение апертурной площади коллектора

Расчет производительности подсистемы генерации тепла (см. 5.3.3.2) выполняется отдельно для системы отопления и системы горячего водоснабжения в предположении, что одна часть апертурной площади коллектора используется для отопления помещений, а другая ее часть — для горячего водоснабжения пропорционально тепловым нагрузкам на отопление и горячее водоснабжение соответственно.

Для определения параметров X, Y и f_{st} апертурную площадь коллектора умножают на коэффициент P_H для расчета вырабатываемого системой тепла для нужд отопления $Q_{H,\ sol,\ us}$, и на коэффициент P_W для расчета вырабатываемого тепла для нужд горячего водоснабжения $Q_{W,\ sol,\ us}$:

$$P_H = Q_{H,\ sol,\ us} / (Q_{H,\ sol,\ us} + Q_{W,\ sol,\ us}), \tag{9}$$

$$P_W = Q_{W,\ sol,\ us} / (Q_{H,\ sol,\ us} + Q_{W,\ sol,\ us}). \tag{10}$$

Разделение объема бака-аккумулятора

Для системы с одним баком-аккумулятором:

- объем бака-аккумулятора, используемый для расчета производительности системы на нужды отопления, равен объему бака-аккумулятора, умноженному на P_H;
- объем бака-аккумулятора, используемый для расчета производительности системы на нужды горячего водоснабжения, равен объему бака-аккумулятора, умноженному на P_W.

Если в системе имеется два бака-аккумулятора (один используется для отопления, а другой — для горячего водоснабжения), то каждый из них учитывают в соответствующем расчете (в качестве аккумулятора системы отопления может использоваться обладающий высокой теплоемкостью теплообменник системы напольного отопления, см. приложение Б).

Примечание — Важно отметить, что расчет соотношения объемов частей бака-аккумулятора, рассматриваемых при расчете систем отопления и горячего водоснабжения, должен выполняться помесячно. В противном случае разделение объемов в зависимости от соотношения тепловых нагрузок приведет к слишком малым объемам баков-аккумуляторов системы горячего водоснабжения.

5.3.3.2 Расчет производительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения

Производительность подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения $Q_{sol,\ out,\ m}$ рассчитывают помесячно по формуле

$$Q_{sol,\ out,\ m} = (aY + bX + cY^2 + dX^2 + eY^3 + fX^3)\ Q_{sol,\ us,\ m}, \tag{11}$$

где $Q_{sol,\ us,\ m}$ — месячная тепловая нагрузка, кВт · ч;

a, b, c, d, e — эмпирические коэффициенты корреляции. Значения, используемые методом f-диаграмм [14], приведены в Б.1 приложения Б;

f — новый коэффициент корреляции для расчета систем с аккумулятором тепла, совмещенным с теплообменником напольной системы отопления [16]. Значение приведено в Б.1 приложения Б;

X и Y — безразмерные коэффициенты.

Ограничение производительности подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения:

- производительность подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения не может быть отрицательной: если вычисленное ее значение отрицательно, то производительность принимается равной нулю;
- производительность подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения не может быть больше тепловой нагрузки: если вычисленное ее значение превышает тепловую нагрузку, то производительность принимается равной тепловой нагрузке.

Определение X:

Значение X зависит от коэффициента потерь тепла контура коллектора и перепада температур, а также от объема бака-аккумулятора X, который учитывается с помощью поправочного коэффициента на его вместимость и рассчитывается по формуле

$$X = A \cdot U_{loop} \cdot \eta_{loop} \cdot \Delta T \cdot f_{st} \cdot t_m / (Q_{sol,\ us,\ m} \cdot 1000), \quad (12)$$

где A — апертурная площадь коллектора согласно [17], м²;

U_{loop} — коэффициент тепловых потерь контура коллектора, Вт/(м² · К) — см. формулу (13);

η_{loop} — КПД контура коллектора с учетом влияния теплообменника, формула и значения приведены в Б.2 приложения Б;

ΔT — расчетный перепад температур, К, — см. формулу (14);

f_{st} — поправочный коэффициент на емкость бака-аккумулятора, значения приведены в Б.3 приложения Б;

t_m — продолжительность месяца, ч;

$Q_{sol,\ us,\ m}$ — месячная тепловая нагрузка, кВт · ч.

Коэффициент тепловых потерь контура коллектора, солнечных коллекторов и трубопроводов U_{loop} определяют в зависимости от параметров солнечного коллектора и характеристик теплоизоляции труб:

$$U_{loop} = a_1 + a_2 \cdot 40 + U_{loop,\ p}/A, \quad (13)$$

где a_1 — коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора в расчете на апертурную площадь, этот параметр измеряется в соответствии с [17], [18] расчетные значения приведены в Б.2 приложения Б;

a_2 — коэффициент температурной зависимости коэффициента тепловых потерь в расчете на апертурную площадь: этот параметр измеряется в соответствии с [17], расчетные значения приведены в Б.2 (приложение Б);

$U_{loop.\ p}$ — полный коэффициент потерь тепла всех труб в контуре солнечного коллектора, включая трубы между коллекторами, а также трубы между массивом солнечных коллекторов и баком-аккумулятором:

- если параметры труб контура солнечного коллектора и их теплоизоляции известны, то $U_{loop.\ p}$ можно рассчитать по формулам для изолированных труб, см. [14];
- если характеристики контура солнечного коллектора неизвестны, то $U_{loop,\ p}$ определяют в соответствии с Б.2 приложения Б.

Расчетный перепад температур ΔT вычисляется по формуле

$$\Delta T = \theta_{ref} - \theta_{e,\ avg}, \quad (14)$$

где θ_{ref} — расчетная температура (в зависимости от применения и типа бака-аккумулятора значения определяют по приложению Б);

$\theta_{e,\ avg}$ — средняя за рассматриваемый период температура окружающего воздуха, значения приведены в приложении Б.

Определение Y:

Значение Y зависит от параметров коллектора (оптический КПД) и плотности потока солнечного излучения в плоскости коллектора и рассчитывается по формуле

$$Y = A \cdot IAM \cdot \eta_0 \cdot \eta_{loop} \cdot I_m \cdot t_m / (Q_{sol,\ us\ m} \cdot 1000), \quad (15)$$

где A — апертурная площадь коллектора согласно [17], м²;

IAM — модификатор угла падения солнечного излучения на коллектор ($K_{50}(\tau\alpha)$ в [17]), расчетные значения приведены в приложении Б;

η_0 — оптический КПД коллектора по [17] в расчете на апертурную площадь (расчетные значения приведены в Б.2 приложения Б);

η_{loop} — КПД контура солнечного коллектора с учетом влияния теплообменника, значение определено в Б.2 приложения Б;

I_m — средняя за рассматриваемый период плотность потока солнечного излучения d плоскость коллектора, Вт/м², значения приведены в приложении Б;

t_m — продолжительность месяца, ч;

$Q_{sol,\ us,\ m}$ — месячная тепловая нагрузка, кВт · ч.

5.3.4 Определение расхода дополнительной энергии на нужды вспомогательного оборудования системы солнечного теплоснабжения

Одни тепловые солнечные системы потребляют электроэнергию, расходуемую на собственные нужды (см. 3.2), а другие нет:

- для термосифонных систем расход энергии на собственные нужды равен нулю;
- для систем с принудительной циркуляцией принимается во внимание расход энергии на работу насосов и регуляторов.

Насосы:

Потребление дополнительной энергии на работу насосов в системе солнечного теплоснабжения $W_{sol,\ aux,\ m}$ рассчитывают по формуле

$$W_{sol,\ aux,\ m} = P_{aux,\ nom} \cdot t_{aux,\ m}/1000, \quad (16)$$

где $P_{aux,\ nom}$ — полная номинальная потребляемая мощность насосов, Вт. Для многоступенчатого насоса выбирают мощность, соответствующую типичному рабочему режиму. Если номинальная мощность неизвестна, расчетные значения принимают по Б.2 приложения Б;

$t_{aux,\ m}$ — месячное число часов использования насоса, ч.

Годовое число часов использования насоса согласно [5], [13] равно 2000 ч. Месячное число часов использования насоса определяют по распределению годового, соответствующему месячному распределению сумм солнечного излучения, указанному в приложении Б (например, если в январе сумма солнечного излучения составляла 5 % годовой, то в январе месячное число часов использования насоса будет составлять 5 % годового).

5.3.5 Потери тепла в системе

5.3.5.1 Потери тепла баков-аккумуляторов

Потери тепла баков-аккумуляторов определяют с помощью полного коэффициента тепловых потерь U_{st}, Вт/К. Значение U_{st} можно получить из результатов испытаний по [20] или определить, как указано в приложении Б. Для системы горячего водоснабжения месячные потери тепла $Q_{W,\ sol,\ st\ ls\ m}$ рассчитывают по формуле

$$Q_{W,\ sol,\ st\ ls\ m} = U_{st}\ (\theta_{set\ point} - \theta_{a,\ avg})\ (Q_{W,\ sol,\ out\ m}/Q_{W,\ sol,\ us,\ m})\ t_m/1000, \quad (17)$$

где t_m — продолжительность месяца, ч;

$\theta_{set\ point}$ — нормативное значение температуры горячей воды (60 °С);

$\theta_{a,\ avg}$ — средняя температура окружающего воздуха:

- если бак-аккумулятор установлен в отапливаемом помещении, то $\theta_{a,\ avg}$ = 20 °С;
- если бак-аккумулятор установлен в неотапливаемом помещении, то $\theta_{a,\ avg} = \theta_{e,\ avg} + (20\ °C - \theta_{e,\ avg})/2$;
- если бак-аккумулятор установлен вне помещения, то $\theta_{a,\ avg} = \theta_{e,\ avg}$ (см. приложение Б).

Для системы отопления месячные потери тепла определяются по формуле

$$Q_{H,\ sol,\ st,\ ls,\ m} = U_{st}\ (\theta_{set\ point} - \theta_{a,\ avg})\ (Q_{H,\ sol,\ out,\ m}/Q_{H,\ sol,\ us,\ m})\ t_m/1000, \quad (18)$$

где $\theta_{set\ point}$ — средняя температура в системе распределения системы отопления в расчетных условиях (исходные данные для этого метода).

5.3.5.2 Потери тепла при его передаче между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем

Расчет потерь тепла $Q_{bu,\ dls,\ ls,\ m}$ при его передаче между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем приведен в приложении Б.

5.3.5.3 Полные тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения

Полные тепловые потери подсистемы генерации тепла системы солнечного теплоснабжения $Q_{sol,\ ls,\ m}$ рассчитываются помесячно по формуле

$$Q_{sol,\ ls,\ m} = Q_{W,\ sol,\ st\ ls\ m} + Q_{H,\ sol,\ st,\ ls,\ m} + Q_{bu,\ dls,\ ls\ m}. \quad (19)$$

5.3.6 Возмещаемые тепловые потери

5.3.6.1 Возмещаемый расход энергии на собственные нужды

Возмещаемую часть расхода дополнительной энергии на собственные нужды $Q_{sol,\ aux.\ rbl}$ определяют по формулам приложения Б.

5.3.6.2 Возмещаемые потери тепла бака-аккумулятора

Возмещаемую часть потерь тепла баков-аккумуляторов $Q_{sol,\ st,\ ls,\ rbl}$ определяют по формулам приложения Б.

5.3.6.3 Возмещаемые потери тепла при его передаче между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем

Возмещаемую часть тепловых потерь при передаче тепла между подсистемой генерации тепла и резервным нагревателем $Q_{bu,\ dis\ ls.\ rbl}$ определяют по Б.8 приложения Б.

5.3.6.4 Полные возмещаемые потери тепла системы солнечного теплоснабжения

Полные возмещаемые потери тепла системы солнечного теплоснабжения $Q_{sol,\ ls,\ rbl,\ m}$ рассчитывают помесячно по формуле

$$Q_{sol,\ ls,\ rbl,\ m} = Q_{sol\ aux.\ rbl,\ m} + Q_{sol\ st,\ ls,\ rbl,\ m} + Q_{bu,\ dis,\ ls,\ rbl,\ m}. \quad (20)$$

Другие возмещаемые потери тепла определяют в других частях настоящего стандарта:

- возмещаемые потери системы выработки и распределения тепла на горячее водоснабжение;
- возмещаемые потери системы выработки и распределения тепла на отопление;
- возмещаемые потери отдельного резервного нагревателя (нагревателей).

5.3.7 Определение сокращенного времени работы несолнечного генератора тепла

5.3.7.1 Общие положения

Система солнечного теплоснабжения сокращает время работы другого (резервного) генератора тепла, что оказывает влияние на расход дополнительной энергии и, в некоторых случаях, на тепловые потери несолнечного генератора тепла, а значит, и на энергетические характеристики здания от:

- снижения потребления дополнительной энергии;
- снижения потерь тепла от резервного генератора.

5.3.7.2 Снижение расхода энергии на работу резервного генератора тепла

Считается, что энергопотребление резервного теплового генератора уменьшается пропорционально доле тепловой нагрузки, покрываемой системой солнечного теплоснабжения (коэффициенту замещения). Доля тепловой нагрузки $f_{sol,\ m}$ определяется помесячно по формуле

$$f_{sol,\ m} = Q_{sol,\ out,\ m}/Q_{sol,\ us,\ m}. \quad (21)$$

Сокращенное потребление энергии несолнечным (резервным) генератором тепла с учетом системы солнечного теплоснабжения $W_{bu,\ aux,\ m}$ определяется по формуле

$$W_{bu,\ aux,\ m} = W_{bu,\ nom,\ m}\ (1 - f_{sol\ m}), \quad (22)$$

где $W_{bu,\ nom,\ m}$ — месячное номинальное[1)] потребление энергии несолнечным (резервным) генератором тепла, кВт · ч.

5.3.7.3 Снижение тепловых потерь резервного генератора тепла

Если система солнечного теплоснабжения в течение длительного периода времени полностью покрывает тепловую нагрузку, то несолнечный (резервный) генератор тепла можно отключить и избавиться таким образом от его тепловых потерь. Однако в этом случае в любое время должна быть гарантирована микробиологическая безопасность горячей воды.

Предполагают, что несолнечный (резервный) генератор тепла не может быть отключен в течение «длительного периода», если месячная доля тепловой нагрузки, покрываемая системой солнечного теплоснабжения, составляет менее 80 %.

Предполагают, что несолнечный (резервный) генератор тепла может быть отключен на период времени, пропорциональный месячной доле тепловой нагрузки, покрываемой системой солнечного теплоснабжения, если эта доля составляет 80 % или более.

[1)] Номинальное потребление дополнительной энергии определяется как потребление энергии несолнечным тепловым генератором при отсутствии системы солнечного теплоснабжения.

Используя определение $f_{sol,\ m}$, сокращенные потери тепла несолнечного (резервного) генератора тепла с учетом системы солнечного теплоснабжения $Q_{bu,\ ls,\ nom.\ m}$, определяют по формулам:

$$f_{sol,\ m} < 80\ \% \geq Q_{bu,\ ls,\ m} = Q_{bu,\ ls,\ nom.\ m};$$

$$f_{sol,\ m} \geq 80\ \% \geq Q_{bu,\ ls,\ m} = Q_{bu,\ ls,\ nom.\ m}\ (1 - f_{sol,\ m}),$$

где $Q_{bu\ ls,\ nom,\ m}$ — месячные номинальные[1)] тепловые потери несолнечного (резервного) генератора тепла, кВт · ч.

[1)] Номинальные потери тепла определяют как потери тепла несолнечного генератора тепла в случае отсутствия системы солнечного теплоснабжения.

Приложение А
(рекомендуемое)

Определение тепловых характеристик систем солнечного теплоснабжения

А.1 Общие положения

В настоящем приложении разъясняется применение методики расчета В, описанного в 5.3, для:

- системы предварительного подогрева для системы горячего водоснабжения;
- комбинированной системы солнечного теплоснабжения.

Для этих двух систем определены основные характеристики, а также способ определения их теплопроизводительности.

А.2 Система предварительного подогрева воды для горячего водоснабжения

А.2.1 Общие положения

В первом примере представлена система солнечного горячего водоснабжения с солнечным коллектором, испытанным по ГОСТ Р 51596, [17], с апертурной площадью 2,702 м^2, оптическим КПД, равным 0,8026, коэффициентом тепловых потерь, равным 3,723 Вт/(м^2 · К) и коэффициентом температурной зависимости коэффициента тепловых потерь солнечного коллектора второго порядка равным 0,0135 Вт/(м^2 · К^2). Контур коллектора оборудован циркуляционным насосом номинальной мощностью 50 Вт, используемым также для заполнения контура водой. После заполнения контура насос переключают на мощность 20 Вт. Внутри бака-аккумулятора расположены теплообменник контура коллектора и прямой водозабор водопроводной воды. Объем бака-аккумулятора равен 120 л. Бак-аккумулятор и насос расположены на первом этаже здания в его обогреваемой части. Отопительный сезон продолжается с октября по март включительно. Отдельный резервный нагреватель всегда находится в режиме ожидания. Трубы между баком-аккумулятором и резервным нагревателем теплоизолированы. Циркуляция водопроводной воды через систему и резервный нагреватель осуществляется под давлением.

Задача состоит в определении тепловых характеристик этой системы солнечного горячего водоснабжения, находящейся в De Bilt, Нидерланды, при потреблении 110 л горячей воды в день (нагрев воды от 15 °С до 65 °С). Угол наклона плоскости солнечного коллектора к горизонту минус 45°, коллектор ориентирован на юг. Значения среднемесячных температур наружного воздуха и плотностей потока солнечного излучения, месячные суммы солнечного излучения в плоскости коллектора приведены в таблице А.1. Среднегодовая температура холодной воды равна 12 °С.

Таблица А.1 — Среднемесячные температуры наружного воздуха и плотности потока солнечного излучения, месячные суммы солнечного излучения в плоскости коллектора (угол наклона 45°, южная ориентация) для места эксплуатации De Bilt, Нидерланды

Параметр	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
θ_0, °С	2,5	2,7	5,6	8,0	11,9	15,5	17,0	16,4	13,8	11,2	6,0	3,4
I, Вт/м^2	40	65	126	167	193	209	187	206	139	94	51	33
$E_{sol\ m}$, кВт · ч/м^2	30	44	94	120	143	151	139	154	100	70	37	25

Расчет тепловых характеристик выполнен поэтапно согласно 5.3.

А.2.2 Определение количества подведенного тепла

Определяется тепловая нагрузка горячего водоснабжения. Ежедневный расход тепла на горячую воду составляет:

$$110\ л \cdot 1\ кг/л\ (4180\ Дж/(кг\ К)\ 50\ К = 6,39\ кВт \cdot ч/день.$$

В этом примере тепловые потери трубопроводов между резервным нагревателем и точками отбора воды составляют 10 % количества подведенного тепла, что соответствует 0,64 кВт · ч/день. Согласно 5.3.2 потери тепла между баком-аккумулятором и резервным нагревателем приниматься в расчет не должны. Месячные значения расхода тепла на горячую воду приведены в таблице А.3.

А.2.3 Параметры системы

Большинство параметров системы, необходимых для определения значений X, Y и $Q_{W,sol,out}$, в распоряжении имеются. Следует рассчитать поправочный коэффициент на вместимость бака-аккумулятора:

$$f_{st} = [(2{,}702\ м^2 \cdot 75\ л/м^2)/120\ л]^{-0{,}25} = 1{,}14.$$

Если КПД контура коллектора неизвестно, то его берут из А.2. Неизвестное значение общего коэффициента тепловых потерь труб контура коллектора также берут из Б.2 приложения Б. Затем можно рассчитать значение U_{loop}:

$$U_{loop} = 3{,}723 + 0{,}0135 \cdot 40 + (5 + 0{,}5\ \ 2{,}702)/2{,}702 = 6{,}613\ Вт/(м^2 \cdot К).$$

В таблице А.2 перечислены характеристики, необходимые для расчета теплопроизводительности системы солнечного теплоснабжения.

Таблица А.2 — Характеристики компонентов системы солнечного теплоснабжения для расчета производительности

Солнечный коллектор		Контур коллектора		Бак-аккумулятор	
A	2,702 м^2	η_{loop}	0,9	V_{sol}	120 л
η_0	0,8026	$P_{aux,nom}$	20 Вт	f_{st}	1,14
IAM	0,94	—	—	—	—
U_{loop}	6,613 Вт/(м^2 · К)	—	—	—	—

А.2.4 Определение X, Y и производительности системы солнечного теплоснабжения $Q_{w,sol,out,m}$

Значения X, Y и $Q_{W,sol,out,m}$ рассчитывают для каждого месяца, используя месячные значения тепла, необходимые для нагрева горячей воды для водоснабжения и характеристики системы, перечисленные в таблице А.2. Значение $Q_{W,sol,out,m}$ в январе составляет 20 кВт ч, в ноябре 2 кВт · ч и в декабре 27 кВт · ч; эти значения приравнивают к нулю. Годовая производительность системы равна 950 кВт · ч.

Таблица А.3 — Среднемесячные значения расхода тепла на горячую воду X, Y и теплопроизводительности солнечной *DHW* системы предварительного нагрева

Месяц	Параметры			
	$Q_{W,sol,in,m}$, кВт ч	X	Y	$Q_{W,sol,out,m}$, кВт · ч
Январь	218	6,22	0,249	0
Февраль	197	6,19	0,409	9
Март	218	5,77	0,791	78
Апрель	211	5,43	1,048	113
Май	218	4,85	1,208	142
Июнь	211	4,33	1,312	154
Июль	218	4,12	1,174	145
Август	218	4,20	1,293	158
Сентябрь	211	4,58	0,873	98
Октябрь	218	4,96	0,587	53
Ноябрь	211	5,71	0,320	0
Декабрь	218	6,09	0,208	0
За год	2564	—	—	950

А.2.5 Определение энергии для собственных нужд

Значение энергии на работу насоса в контуре коллектора рассчитывают по формуле (16), где мощность насоса равна 20 Вт, а годовая продолжительность эксплуатации насоса 2000 ч, распределенная по месяцам в поступлении солнечного излучения на площадь приемника в таблице А.1. Значения энергии, расходуемой на собственные нужды, перечислены в таблице А.4. Годовое общее значение равно 40 кВт · ч.

Таблица А.4 — Среднемесячные значения расхода энергии на работу насоса в контуре коллектора

Параметр	Месяц												За год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
$W_{sol,aux,m}$, кВт · ч	1,1	1,6	3,4	4,3	5,2	5,5	5,0	5,6	3,6	2,5	1,3	0,9	40

А.2.6 Определение потерь тепловой солнечной системы

Общий коэффициент тепловых потерь U_{st} не был измерен, поэтому его значение рассчитывают по формуле (Б.13) приложения Б:

$$U_{st} = 0,16 \times 120^{0,5} = 1,75 \text{ Вт/К}.$$

Так как бак-аккумулятор солнечного коллектора установлен в отапливаемой части здания, то $\theta_a = 20$ °С. Отношение $Q_{W,sol,out,m}/Q_{W,sol,us,m}$ берут из таблицы А.3. Исходя из этого, рассчитывают тепловые потери бака-аккумулятора по формуле (17). Результаты расчетов представлены в таблице А.5. Годовые потери тепла бака-аккумулятора равны 228 кВт · ч.

Потери тепла в трубах между баком-аккумулятором и резервным нагревателем можно рассчитать по формуле (Б.10) приложения Б. Результаты расчетов представлены в таблице А.5. Годовые потери тепла в трубах равны 19 кВт · ч.

Таблица А.5 — Ежемесячные значения потерь тепла бака-аккумулятора и труб между баком-аккумулятором и резервным нагревателем

Параметр	Месяц												За год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
$Q_{W,sol,st,ls,m}$, кВт · ч	0	2,3	18,6	27,0	33,9	36,8	34,8	37,9	23,5	12,8	0	0	228
$Q_{pu,dis,ls,m}$, кВт · ч	0	0,2	1,6	2,3	2,8	3,1	2,9	3,2	2,0	1,1	0	0	19

А.2.7 Определение возмещаемых потерь системы солнечного теплоснабжения

Часть энергии для собственных нужд и потери тепла системы солнечного теплоснабжения являются возмещаемыми и могут быть отнесены к отоплению здания в течение отопительного сезона согласно Б.8 приложения Б.

50 % расхода энергии на собственные нужды;

100 % тепловых потерь бака-аккумулятора и труб между баком-аккумулятором и резервным нагревателем, поскольку и солнечный аккумуляторный бак, и резервный нагреватель расположены в отапливаемой части здания.

Возмещаемые потери перечислены в таблице А.6. Годовые возмещаемые потери равны 42 кВт · ч.

Таблица А.6 — Ежемесячные значения возместимых потерь тепловой солнечной системы

Параметр	Месяц												За год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
$Q_{sol,aux,rbl,m}$, кВт · ч	0,5	0,8	1,7	—	—	—	—	—	—	1,3	0,7	0,4	—
$Q_{sol,st,ls,rbl,m}$, кВт · ч	0	23	186	—	—	—	—	—	—	128	0	0	—
$Q_{pu,dis,ls,rbl,m}$, кВт · ч	0	0,2	1,6	—	—	—	—	—	—	1,1	0	0	—
$Q_{sol,ls,rbl,m}$, кВт · ч	0,5	3,3	21,8	—	—	—	—	—	—	15,1	0,7	0,4	42

А.3 Солнечная комбинированная система

А.3.1 Общие положения

Во втором примере рассматривается солнечная комбинированная система, имеющая солнечный коллектор с апертурной площадью 8,4 м² и бак-аккумулятор объемом 800 л. Верхняя часть бака-аккумулятора объемом 200 л нагревается резервным нагревателем для получения горячей воды. Для отопления помещения бак-аккумулятор действует как система предварительного нагрева, т. е. предварительно нагретая вода нагревается резервным нагревателем до ее поступления в распределительную систему. Резервный нагрев возможен в любое время в соответствии с правилами микробиологической защиты горячей воды. Резервный нагреватель включает в себя насос как для распределения тепла в отапливаемой части, так и для передачи резервного тепла в верхнюю часть бака-аккумулятора объемом 200 л для получения горячей воды. Стандартная продолжительность эксплуатации насоса в общепринятых комбинированных системах (без использования солнечной энергии) с соответствующими функциональными возможностями составляет 1000 ч в год, а ее распределение в течение года зависит от количества тепла. Мощность насоса в резервной части составляет 70 Вт. Характеристики солнечного коллектора (угол наклона, ориентация), его контура и насоса те же, что и в первом примере.

Система предназначена для дома на одну семью с годовой выработкой тепла на отопление 100 кВт · ч/м² площади пола и забором горячей воды объемом 140 л в день при перепаде температур от 15 °С до 65 °С. Это низкотемпературная система распределения тепла для отопления; ее расчетная температура равна 40 °С. Дом расположен в Цюрихе. Ежемесячные значения средней температуры воздуха, плотности потока солнечного излучения и поступления солнечного излучения на плоскость коллектора представлены в таблице А.7. Средняя годовая температура холодной воды равна 9,7 °С.

Задача состоит в определении тепловых характеристик этой солнечной комбинированной системы. Расчет тепловых характеристик выполняют согласно с этапами, приведенными в 5.3.

Таблица А.7 — Среднемесячные значения температуры воздуха, плотности потока солнечного излучения и поступления излучения на плоскость коллектора под углом 45°, южной ориентации, для Цюриха [см. Б.4 и Б.5 (приложение Б)].

Параметр	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
θ_e, °С	0,1	0,5	4,8	8,0	12,5	15,2	18,8	18,1	14,5	9,9	4,1	1,6
I, Вт/м²	72	105	141	164	183	190	214	204	171	121	72	57
$E_{sol\ m}$, кВт · ч/м²	54	71	105	118	136	137	159	152	123	90	52	42

А.3.2 Определение значения тепла

Ежедневный расход тепла для нагрева воды составляет 140 л · 1 кг/л · 4180 Дж/(кг · К) · 50 К = 8,13 кВт · ч/день.

Предполагают, что потери тепла в трубах между резервным нагревателем и точками отбора воды составляют 10 % расхода подведенного тепла, что соответствует 0,81 кВт · ч/день. Для данного метода расчета количество тепла на отопление включает в себя другой важный источник подвода тепла. Среднемесячные значения расходов тепла на горячее водоснабжение и отопление, а также отношения этих расходов тепла к их сумме представлены в таблице А.8. Отношения расходов тепла P_W и P_H необходимы для последующего расчета теплопроизводительности тепловой солнечной системы.

Таблица А.8 — Среднемесячные значения расходов тепла на горячее водоснабжение и отопление, а также отношения этих значений тепла к их сумме

Параметр	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$Q_{W\ sol\ us\ m}$, кВт · ч	277	250	277	268	277	268	277	277	268	277	268	277
$Q_{H\ sol\ us\ m}$, кВт · ч	2943	2357	1748	993	260	0	0	0	118	969	2167	2686

Окончание таблицы А.8

Параметр	Месяц											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
P_W	0,09	0,10	0,14	0,21	0,52	1,00	1,00	1,00	0,69	0,22	0,11	0,09
P_H	0,91	0,90	0,86	0,79	0,48	0	0	0	0,31	0,78	0,89	0,91

А.3.3 Определение данных, относящихся к системе

Большинство данных, относящихся к системе и необходимых для определения значений *X*, *Y* и $Q_{W\ sol,\ out}$, имеются в распоряжении. Следует рассчитать поправочный коэффициент на вместимость бака-аккумулятора: $f_{st} = [(8{,}4\ м^2 \times 75\ л/м)/(800 - 200)\ л]^{-0{,}25} = 1{,}012$. Если КПД контура коллектора неизвестен, то его значение берут из Б.2 (приложение Б). Неизвестный общий коэффициент тепловых потерь труб контура коллектора также берут из Б.2 (приложение Б). Затем можно рассчитать значение U_{loop}:

$U_{loop} = 3{,}723 + 0{,}0135 \cdot 40 + (5 + 0{,}5 \cdot 8{,}4)/8{,}4 = 5{,}358$ Вт/(м² К).

В таблице А.9 перечислены все характеристики, необходимые для расчета производительности системы солнечного теплоснабжения.

Таблица А.9 — Характеристики компонентов системы солнечного теплоснабжения для расчета ее производительности

Солнечный коллектор		Контур коллектора		Бак-аккумулятор	
A	8,4 м²	H_{loop}	0,9	V_{acc}	600 л
η_0	0,8026	$P_{aux,\ nom}$	20 Вт	f_{st}	1,012
IAM	0,94	—	—	—	—
U_{loop}	5,358 Вт/(м² · К)	—	—	—	—

А.3.4 Определение *X*, *Y* и производительности системы солнечного теплоснабжения

Значения *X*, *Y* и $Q_{sol,\ out}$ рассчитывают дважды, т. е. один раз — для определения производительности системы солнечного теплоснабжения для нужд горячего водоснабжения, а другой раз — для определения производительности солнечной системы для нужд отопления. Значения $Q_{W\ sol,\ out}$ и $Q_{H\ sol,\ out}$ соответственно определяют для каждого месяца, используя среднемесячные значения расхода тепла из таблицы А.8 и характеристики системы, перечисленные в таблице А.9. Апертурную площадь коллектора умножают на значения P_W или P_H соответственно из таблицы А.8. В таблице А.10 представлены расчеты для горячего водоснабжения, а в таблице А.11 — для отопления. За период июнь—август расчетная производительность системы солнечного теплоснабжения для нужд горячего водоснабжения выше потребности. Поэтому производительность была доведена до максимальных значений потребности. Годовая производительность системы для нужд горячего водоснабжения составляет 1581 кВт · ч, а годовая производительность системы для нужд отопления — 1534 кВт · ч. В сумме производительность системы солнечного теплоснабжения составляет 3215 кВт · ч/год.

Таблица А.10 — Среднемесячные значения значений тепла для горячего водоснабжения *X*, *Y* и производительности системы солнечного теплоснабжения для нужд горячего водоснабжения

Месяц	$Q_{W\ sol,\ us,\ m}$, кВт · ч	*X*	*Y*	$Q_{W\ sol,\ out,\ m}$, кВт · ч
Январь	277	0,91	0,095	10
Февраль	250	1,01	0,154	22
Март	277	1,28	0,295	56
Апрель	268	1,82	0,534	99
Май	277	3,82	1,446	227
Июнь	268	6,71	2,909	268
Июль	277	5,79	3,276	277

Окончание таблицы А.10

Месяц	$Q_{W\ sol\ us\ m}$, кВт ч	X	Y	$Q_{W\ sol\ out\ m}$, кВт · ч
Август	277	5,97	3,123	277
Сентябрь	268	4,79	1,819	247
Октябрь	277	1,79	0,412	76
Ноябрь	268	1,05	0,121	15
Декабрь	277	0,95	0,082	6
Год	3263	—	—	1581

Таблица А.11 — Ежемесячные значения тепла для отопления X, Y и производительности солнечной комбинированной системы для нужд отопления

Месяц	$Q_{H\ sol\ us\ m}$, кВт ч	X	Y	$Q_{H\ sol\ out\ m}$, кВт ч
Январь	2943	0,95	0,095	104
Февраль	2357	1,06	0,154	204
Март	1748	1,51	0,295	331
Апрель	993	2,34	0,534	338
Май	260	5,68	1,446	190
Июнь	0	0,00	0,000	0
Июль	0	0,00	0,000	0
Август	0	0,00	0,000	0
Сентябрь	118	7,65	1,819	94
Октябрь	969	2,45	0,412	228
Ноябрь	2167	1,21	0,121	98
Декабрь	2686	1,03	0,082	47
За год	14 240	—	—	1634

А.3.5 Определение расхода энергии на собственные нужды

Затрачиваемую энергию на работу насоса в контуре коллектора рассчитывают по формуле (16), где мощность насоса равна 20 Вт, а годовая продолжительность эксплуатации насоса, распределенная по месяцам в соответствии с поступлением солнечного излучения в таблице А.7, — 2000 ч. Значения энергии, расходуемой на собственные нужды, перечислены в таблице А.12. Годовое значение равно 40 кВт · ч.

Таблица А.12 — Среднемесячные значения затрачиваемой энергии на работу насоса в контуре коллектора

Параметр	Месяц												За год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
$W_{sol\ aux\ m}$ кВт · ч	1,7	2,3	3,4	3,8	4,4	4,4	5,1	4,9	4,0	2,9	1,7	1,4	40

А.3.6 Определение потерь тепла системы солнечного теплоснабжения

Общий коэффициент тепловых потерь не был измерен, поэтому его значение рассчитывают по формуле (Б.13) приложение Б: $U_{sl} = 0{,}16\ (800 - 200)^{0.5} = 3{,}92$ Вт/К. Так как бак-аккумулятор установлен в отапливаемой части здания, то $\vartheta_{a\ avg} = 20$ °С. Для отопления помещений заданное значение температуры равно 40 °С. Отношение $Q_{W\ sol\ out\ m}/Q_{W,\ sol\ us\ m}$ берут из таблицы А.10, а отношение $Q_{H\ sol\ out\ m}/Q_{H,\ sol\ us\ m}$ — из таблицы А.11. Исходя из этой

информации дважды рассчитывают тепловые потери бака-аккумулятора по формуле (17), т. е. сначала — для нужд горячего водоснабжения, а затем — для нужд отопления. Результаты представлены в таблице А.13. Годовые потери тепла бака-аккумулятора составляют 715 + 142 = 857 кВт · ч.

Потери тепла в трубах между баком-аккумулятором и резервным нагревателем можно рассчитать по формуле (Б.14) приложения Б. Результаты расчетов представлены в таблице А.13. Годовые потери тепла в трубах составляют

$$34 + 33 = 67 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Таблица А.13 — Месячные значения потерь тепла бака-аккумулятора и в трубах между баком-аккумулятором и резервным нагревателем

Параметр	Месяц												За год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
$Q_{W,sol,st,ls,m}$, кВт · ч	4,4	9,4	23,7	41,8	95,5	124	138	135	104	32	6,2	2,6	715
$Q_{H,sol,st,ls,m}$, кВт · ч	2,1	4,6	11,0	19,2	42,5	0	0	0	45,1	13,7	2,6	1,0	142
$Q_{W,bu,dis,ls,m}$, кВт · ч	0,2	0,4	1,1	2,0	4,5	5,9	6,5	6,4	4,9	1,5	0,3	0,1	34
$Q_{H,bu,dis,ls,m}$, кВт · ч	2,1	4,1	6,6	6,8	3,8	0	0	0	1,9	4,6	2,0	0,9	33

А.3.7 Определение возмещаемых потерь системы солнечного теплоснабжения

Часть энергии на собственные нужды и потери тепла системы солнечного теплоснабжения являются возмещаемыми и могут быть отнесены к отоплению здания в течение отопительного сезона согласно Б.8 приложения Б.

50 % расхода энергии на собственные нужды;

100 % потерь тепла бака-аккумулятора и в трубах между баком-аккумулятором и резервным нагревателем, поскольку и бак-аккумулятор, и резервный нагреватель расположены в отапливаемой части здания.

Возмещаемые потери представлены в таблице А.14. Годовые возмещаемые потери составляют 522 кВт · ч.

Таблица А.14 — Ежемесячные значения возмещаемых потерь системы солнечного теплоснабжения

Параметр	Месяц												Год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
$Q_{sol,aux,rbl,m}$, кВт · ч	0,9	1,1	1,7	1,9	2,2	—	—	—	2,0	1,5	0,8	0,7	
$Q_{sol,st,ls,rbl,m}$, кВт · ч	6,5	14,0	34,7	61,1	138	—	—	—	149	45,6	8,8	3,6	
$Q_{bu,dis,ls,rbl,m}$, кВт · ч	2,3	4,5	7,7	8,8	8,3	—	—	—	6,8	6,1	2,3	1,1	
$Q_{sol,ls,rbl,m}$, кВт · ч	9,6	19,6	44,1	71,7	149	—	—	—	158	53,0	11,9	5,3	522

А.3.8 Определение снижения затрачиваемой энергии на работу резервного нагревателя

Вклад солнечной энергии в производство тепла снижает значение энергии, необходимой для работы насоса в резервной части системы. Это снижение соответствует доле тепла, покрываемой системой солнечного теплоснабжения, как определено в формуле (22). Номинальная продолжительность эксплуатации насоса в случае отсутствия системы солнечного теплоснабжения, доля номинальной работы насоса и значение сэкономленной энергии, необходимой для работы насоса резервного нагревателя мощностью 70 Вт, представлены в таблице А.15. Годовая экономия составляет 70,0 – 56,4 = 13,6 кВт · ч.

Таблица А.15 — Месячные значения номинальной продолжительности эксплуатации насоса резервного нагревателя, доля номинальной работы насоса, сберегаемая тепловой солнечной системой, и сэкономленная энергия, необходимая для работы насоса

Параметр	Месяц												За год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
$t_{p,\ bu.\ nom,\ m}$, ч	184	149	116	72	31	15	16	16	22	71	139	169	1000
$f_{sol,\ m}$, кВт · ч	0,05	0,10	0,20	0,35	0,79	1,00	1,00	1,00	0,91	0,26	0,06	0,03	—
$W_{bu.\ aux,\ m}$, кВт · ч	12,3	9,4	6,5	3,3	0,5	—	—	—	0,1	3,7	9,1	11,5	56,4

Приложение Б
(справочное)

Информативные значения, используемые в методиках расчета

Б.1 Коэффициенты типа системы

Коэффициенты типа системы приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 — Коэффициенты типа системы

Коэффициенты корреляции	Тип системы	
	Бак-аккумулятор[1]	Теплый пол, непосредственно обогреваемый солнечной энергией[2]
a	1,029	0,863
b	– 0,065	– 0,147
c	– 0,245	– 0,263
d	0,0018	0,008
e	0,0215	0,029
f[3]	0	0,025

[1] Солнечный коллектор соединен с баком-аккумулятором. Набор коэффициентов корреляции определен на основе метода *f*-карт для этого типа системы (см. [14]).

[2] Солнечный коллектор непосредственно соединен с теплым полом, пол функционирует как аккумулятор тепла и как теплообменник. Новый набор коэффициентов корреляции определен для этого типа системы (см. [16]).

[3] Введен новый коэффициент корреляции для большего соответствия системе с теплым полом, непосредственно обогреваемым солнечной энергией.

Б.2 Значения системы солнечного теплоснабжения по умолчанию

Б.2.1 Общие положения

Даются два типа значений по умолчанию:

- типичные значения — используемые в том случае, когда необходимо сделать расчет типовой системы солнечного теплоснабжения;

- штрафные значения — используемые для назначения штрафа для «неизвестных» компонентов (т. е. систем и компонентов, которые не были испытаны и/или сертифицированы), чтобы стимулировать использование высокоточных данных для расчета.

Примечание — Эти значения приводятся только для общего сведения.

Б.2.2 Типичные значения

Б.2.2.1 КПД контура солнечного коллектора η_{loop}

Типичный КПД контура коллектора *loop* η_{loop} равен 0,9.

Примечание — Значение η_{loop} учитывает влияние теплообменника.

Значение η_{loop} рассчитывают по формуле

$$\eta_{loop} = 1 - \Delta\eta, \quad (Б.1)$$

где $\Delta\eta = (\eta_0 \cdot A \cdot a_1)/(U_{st})_{hx}$ (см. [18]); (Б.2)

η_0 — КПД коллектора, определенный без потерь согласно [17];

A — апертурная площадь коллектора, м²;

a_1 — коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора первого порядка, определенный согласно [17], [20];

$(U_{st})_{hx}$ — значение теплопередачи теплообменника (U_{st}-значение), Вт/К.

Б.2.2.2 Коэффициент тепловых потерь коллектора a рассчитывают по формуле

$$a = a_1 + 40a_2, \quad (Б.3)$$

где a_1 — коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора первого порядка, определенный согласно [17], Вт/(м² · К);

a_2 — коэффициент температурной зависимости коэффициента тепловых потерь солнечного коллектора второго порядка, определенный согласно [17], Вт/(м² · К²).

Типичные значения:

a_1 = 1,8 (вакуумные трубчатые коллекторы),

a_1 = 3,5 (остекленные коллекторы);

a_1 = 15 (неостекленные коллекторы);

a_2 = 0.

Б.2.2.3 Удельные тепловые потери труб на 1 м² поверхности контура солнечного коллектора $U_{loop,\ p}$, Вт/(м² · К), рассчитывают по формуле

$$U_{loop,\ p} = 5 + 0{,}5\ A, \quad (Б.4)$$

где A — апертурная площадь коллектора, м².

Б.2.2.4 КПД коллектора без потерь η_0

Значение КПД коллектора без потерь η_0 определяют согласно [17].

Типичное значение: η_0 = 0,8.

Б.2.2.5 Номинальная мощность солнечного насоса $P_{aux\ nom}$, Вт, рассчитывают по формуле

$$P_{aux\ nom} = 25 + 2A, \quad (Б.5)$$

где A — апертурная площадь коллектора, м².

Б.2.3 Штрафные значения

Б.2.3.1 КПД контура солнечного коллектора η_{loop}

Штрафное значение КПД контура коллектора η_{loop} составляет 0,8.

Б.2.3.2 Коэффициент тепловых потерь коллектора a рассчитывают по формуле

$$a = a_1 + 40a_2, \quad (Б.6)$$

где a_1 — коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора первого порядка, определенный согласно [17], Вт/(м² · К);

a_2 — коэффициент температурной зависимости коэффициента тепловых потерь солнечного коллектора второго порядка, определенный согласно [17], Вт/(м² · К²).

В случае, если характеристики коллектора неизвестны, принимают следующие штрафные значения по умолчанию:

a_1 = 3 (вакуумные трубчатые коллекторы);

a_1 = 6 (остекленный коллектор);

a_1 = 20 (неостекленный коллектор);

a_2 = 0.

Б.2.3.3 Удельные тепловые потери труб контура коллектора $U_{loop,\ p}$, Вт/(м² · К), рассчитывают по формуле

$$U_{loop,\ p} = 5 + 0{,}5A, \quad (Б.7)$$

где A — апертурная площадь коллектора, м².

Б.2.3.4 КПД коллектора без потерь η_0

Значение эффективности коллектора без потерь η_0 определяют согласно [17].

Штрафное значение: η_0 = 0,6

Б.2.3.5 Номинальную мощность солнечного насоса $P_{aux\ nom}$, Вт, рассчитывают по формуле

$$P_{aux\ nom} = 50 + 5A, \quad (Б.8)$$

где A — апертурная площадь коллектора, м².

Б.3 Поправочный коэффициент на вместимость бака-аккумулятора f_{st}

В случае водного бака-аккумуляора поправочный коэффициент на его вместимость f_{st} рассчитывается по формуле

$$f_{st} = (V_{ref}/V_{sol})0{,}25, \quad (Б.9)$$

где V_{ref} — опорный объем, равный 75 л на м² коллектора, л;

V_{sol} — объем бака-аккумулятора, л.

В случае солнечной системы предварительного нагрева значение V_{sol} равно V_{nom} (номинальный объем).

В случае системы, использующей солнечную и дополнительную энергию, объем бака-аккумулятора V_{sol}, литры, определяют по формуле

$$V_{sol} = V_{nom} - (1 - f_{aux}), \quad (Б.10)$$

где f_{aux} — часть объема бака-аккумулятора, используемая для резервного нагрева;

V_{nom} — номинальный объем бака-аккумулятора.

Эффективную часть f_{aux} рассчитывают по формуле

$$f_{aux} = x \cdot V_{bu} / V_{nom}, \quad (Б.11)$$

где V_{bu} — объем бака-аккумулятора, используемый для резервного нагрева, который расположен между вершиной бака и нижней частью резервного элемента (электрический элемент или теплообменник), л;

x — контрольный коэффициент, равный:

1 — в случае постоянного резервного источника питания;

0,7 — в случае ночного резервного питания;

0,3 — в случае аварийного резервного питания.

Значение по умолчанию f_{aux} равно:

0,50 — для вертикального бака,

0,66 — для горизонтального бака.

Б.4 Опорная температура θ_{ref}

Значение θ_{ref}, °С, зависит от системы и применения:

- система отопления.

  θ_{ref} = 100 °С;

- система горячего водоснабжения:

$$\theta_{ref} = 11,6 + 1,18\ \theta_W + 3,86\ \theta_{cw} - 1,32\ \theta_{a\ avg}, \quad (Б.12)$$

где θ_W — требуемый уровень температуры горячей воды, принятый равной 40 °С;

θ_{cw} — температура воды в водопроводной магистрали, °С, согласно таблице Б.2 для каждого месяца;

$\theta_{a\ avg}$ — средняя температура наружного воздуха за рассматриваемый период, °С, согласно таблице Б.2.

В таблице Б.2 перечислены значения θ_{cw} и $\theta_{a\ avg}$ для контрольных местоположений/климатов (информативно), используемые при разработке испытаний солнечных систем горячего водоснабжения и солнечных комбинированных систем по [13] и [21].

Таблица Б.2 — Годовая средняя температура воды в водопроводной магистрали и ежемесячные температуры наружного воздуха для различных европейских климатов и местоположений (источник для температур наружного воздуха: Meteonorm v5.0)

Местоположение/климат	θ_{cw}, °С	$\theta_{a\ avg}$, °С											
		Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Афины (Gr)	17,8	9,3	9,8	11,7	15,5	20,2	24,6	27	26,6	23,3	18,3	14,4	11,1
Бирмингем (UK)	3,2	3,2	5,3	7,6	10,7	14,0	15,8	15,5	13,3	10,1	6,1	4,3	9,1
Карпентрас (F)	13,5	5,5	5,8	9,8	11,3	15,1	18,9	22,9	21,3	18,4	13,9	8,7	5,4
Давос (CH)	5,4	–5,1	–5	–1,6	1,5	6,1	8,9	12,5	11,8	8,9	5,3	–0,7	–3,4
Стокгольм (S)	8,5	–2,8	–3	0,1	4,6	10,7	15,6	17,2	16,2	11,9	7,5	2,6	–1,0
Вюрцбург (D)	10,0	0,6	1,1	5,6	8,3	13,3	16,7	18,3	18,3	15	9,4	4,4	1,7
Цюрих (CH)	9,7	0,1	0,5	4,8	8,0	12,5	15,2	18,8	18,1	14,5	9,9	4,1	1,6

Б.5 Плотность потока солнечного излучения на плоскость коллектора и модификатор угла падения

Величина I_m — это среднее значение плотности потока солнечного излучения на плоскость коллектора за рассматриваемый период, Вт/м².

Возможны три категории ориентации коллекторов:

1) когда коллекторы ориентированны в направлении с юго-востока на юго-запад, имеют наклон в диапазоне широт от минус 20° до плюс 5° от горизонтали и не затенены какими-либо препятствиями. Значения I_m приведены в таблице Б.3 приложения Б ниже для различных климатических зон;

2) для всех других случаев значения I_m равны значениям, приведенным в таблице Б.3, умноженным на коэффициент 0,8, при условии, что ориентация коллекторов находится в диапазоне плюс 90° на юг (между востоком и западом) и средняя высота препятствий на горизонте менее 20° (угол наклона произвольный);

3) для всех других конфигураций не учитывают солнечную установку (нет воздействия на энергетические характеристики здания).

Значения I_m для контрольных местоположений/климатов (информативно), используемые при разработке испытаний солнечных систем горячего водоснабжения и солнечных комбинированных систем, таких как в [13], [20] перечислены в таблице Б.3.

Таблица Б.3 — Ежемесячные значения плотности потока солнечного излучения на плоскость коллектора под углом 45°, ориентированного на юг, для различных европейских климатов и местоположений (источник: Meteonorm v5.0)

Местоположение (климат)	I_m, Вт/м²											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Афины (Gr)	150	154	164	206	220	236	250	267	252	193	142	117
Бирмингем (UK)	42	67	97	154	175	175	174	164	127	80	53	32
Карпентрас (F)	141	163	208	220	234	255	270	267	238	177	138	119
Давос (CH)	173	215	251	249	231	217	229	217	208	195	153	141
Стокгольм (S)	37	84	150	190	237	245	222	204	148	94	45	36
Вюрцбург (D)	67	108	145	184	204	209	210	200	177	121	67	53
Цюрих (CH)	72	105	141	164	183	190	214	204	171	121	72	57

Модификатор угла падения *IAM* зависит от типа коллектора. Значения по умолчанию равны:

- для плоских пластинчатых остекленных коллекторов *IAM* = 0,94;
- для неостекленных коллекторов *IAM* = 1,00;
- для вакуумных трубчатых коллекторов с плоским поглотителем *IAM* = 0,97;
- для вакуумных трубчатых коллекторов с круглым поглотителем *IAM* = 1,00.

Б.6 Потери тепла бака-аккумулятора

Удельные потери тепла в баке-аккумуляторе на 1 м² поверхности U_{st}, Вт/К, допускается определять по формуле

$$U_{st} = 0,16 V_{sol}^{0,5}, \quad (Б.13)$$

где V_{sol} — объем солнечного бака-аккумуляторного, л.

Б.7 Потери тепла при его распределении между солнечной системой и резервным нагревателем

Потери тепла при его распределении между солнечной системой и резервным нагревателем рассчитывают по формулам:

- если трубы изолированы.

$$Q_{bu,dis,fb,m} = 0,02 Q_{sol,us,m} (Q_{sol,out,m}/Q_{sol,us,m}). \quad (Б.14)$$

- если трубы не изолированы:

$$Q_{bu,dis,fb,m} = 0,05 Q_{sol,us,m} (Q_{sol,out,m}/Q_{sol,us,m}). \quad (Б.15)$$

Б.8 Часть возмещаемых тепловых потерь системы

Возмещаемая часть энергии на работу насоса составляет 50 %.

Возмещаемая часть потерь тепла бака-аккумулятора и потерь тепла при его распределении между системой солнечного теплоснабжения и резервным нагревателем может быть регенерирована только во время отопительного сезона. Во время отопительного сезона возмещаемая часть этих потерь составляет:

100 % — если компонент установлен в отапливаемом помещении,

50 % — если компонент установлен в не отапливаемом помещении;

0 % — если компонент установлен снаружи.

Приложение В
(справочное)

Классификация продукции

В.1 Солнечные коллекторы

Характеристиками коллекторов являются:

A — апертурная площадь коллектора, м^2;

η_0 — КПД коллектора без потерь;

a_1 — коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора первого порядка, Вт/(м^2 · К);

a_2 — коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора второго порядка (температурная зависимость), Вт/(м^2 · К^2).

Значения η_0, a_1 и a_2 определяют согласно [17].

В.2 Солнечные водонагреватели горячего водоснабжения

Настоящее приложение применимо к заводским солнечным установкам горячего водоснабжения, поставляемых в готовых к установке блоках, с заданной комплектацией, в соответствии с [13].

При отсутствии блочной комплектации, солнечная установка горячего водоснабжения может быть определена по отдельным компонентам:

- коллектору;
- баку-аккумулятору;
- трубопроводной сети контура коллектора.

Характеристиками являются:

A — апертурная площадь коллектора, м^2;

V_{nom} — номинальный объем бака-аккумулятора, л.

Примечание — Следующие характеристики являются промежуточными параметрами, рассчитанными согласно [21], но не указанными в официальных результатах испытаний, приведенных в [13]:

A_c* — эффективная площадь контура коллектора, м^2;

C_{st} — теплоемкость теплового аккумуляторного бака, МДж/К;

U_c* — эффективный коэффициент тепловых потерь коллектора, Вт/(м^2 · К),

f_{aux} — часть объема бака-аккумулятора, используемая для резервного нагрева.

В.3 Бак-аккумулятор

Характеристиками являются:

V_{nom} — номинальный объем бака-аккумулятора, л;

U_{st} — общий коэффициент тепловых потерь бака-аккумулятора, Вт/К.

Если значение U_{st}, Вт/К, неизвестно, но константа охлаждения C_c, Вт · ч/л · К · день, известна, используют формулу

$$U_{st} = C_c \cdot V_{nom} / 24. \quad (B.1)$$

Примечание — Эта формула применима только в том случае, если константа охлаждения бака-аккумулятора менее или равна значению по умолчанию термочувствительного элемента водонагревателя, т. е. $C_c \le 4{,}2 V_{nom}^{-0{,}45}$.

V_{sol} — объем бака-аккумулятора, л, вычисленный по формуле

$$V_{sol} = V_{nom} (1 - f_{aux}), \quad (B.2)$$

где f_{aux} — часть объема теплового аккумуляторного бака, используемая для резервного нагрева:

- значение f_{aux} может быть определено непосредственно по результатам испытаний, выполненных согласно [13];
- значение f_{aux} равно нулю, если термочувствительный элемент не встроен в резервное оборудование.

Приложение Г
(справочное)

Расчет экономии энергии

Для определения результирующего влияния системы солнечного теплоснабжения на энергетические характеристики здания, т. е. экономии в результате установки системы солнечного теплоснабжения, необходимо выполнить два расчета.

- расчет основного расхода энергии в здании без системы солнечного теплоснабжения;
- расчет основного расхода энергии в здании с системой солнечного теплоснабжения.

Экономию энергии в результате установки системы солнечного теплоснабжения S_{sol} определяют как основной расход энергии в здании без системы солнечного теплоснабжения C^0 минус основной расход энергии в здании с системой солнечного теплоснабжения C^1:

$$S_{sol} = C^0 - C^1.$$

Библиография

[1] № 384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений от 30 декабря 2009 г.

[2] № 261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации от 23 ноября 2009 г.

[3] EPBD Директива 2010/31/ЕС Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 19 мая 2010 г. по энергетической эффективности зданий

[4] ЕН 15603:2008 Энергетические характеристики зданий. Полный расход энергии и определение номинальных энергетических характеристик

[5] ЕН 12976-1:2006 Системы солнечного теплоснабжения и их компоненты. Системы промышленного изготовления. Часть 1. Общие требования

[6] ЕНВ 12977-1:2001 Системы солнечного теплоснабжения и их компоненты. Заказные системы. Часть 1. Общие требования

[7] ЕН ИСО 9488:2001 Солнечная энергия. Словарь

[8] ЕН ИСО 13790:2008 Тепловые характеристики зданий. Расчет расхода энергии на отопление и охлаждение помещений (ISO 13790:2008)

[9] ЕН 15316-2-1:2007 Системы теплоснабжения в зданиях. Методика расчета энергопотребности и энергоэффективности системы теплоснабжения. Городские теплогенерирующие системы

[10] ЕН 15316-2-3:2007 Системы теплоснабжения в зданиях. Методика расчета энергопотребности и энергоэффективности системы теплоснабжения. Городские теплогенерирующие распределительные системы

[11] ЕН 15316-3-1:2008 Системы теплоснабжения в зданиях. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплоснабжения. Качественные и количественные показатели систем горячего водоснабжения

[12] ЕН 15316-3-2:2008 Системы теплоснабжения в зданиях. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплоснабжения. Распределение горячей воды в системах горячего водоснабжения

[13] ЕН 12976-2:2001 Системы солнечного теплоснабжения и их компоненты. Системы промышленного изготовления. Часть 2. Методы испытаний

[14] John A. Duffie and William A. Beckman: Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley-Interscienceed, 1991

[15] Weiss, W. (ed), Bales, Ch., Drlick, H., et al. Solar Heating Systems for Houses, A Design Handbook for Solar Combisystems, International Energy Agency (IEA), James & James (Science Publishes), 2003, London, ISBN: 1902916468

[16] ЕН ИСО 7345.1995 Теплоизоляция. Физические величины и определения (ISO 7345:1995)

[17] ЕН 12975-2:2006 Системы солнечного теплоснабжения и их компоненты. Солнечные коллекторы. Часть 2. Методы испытаний

[18] ЕН 12975-1:2006 Системы солнечного теплоснабжения и их компоненты. Солнечные коллекторы. Часть 1. Общие требования

[19] ЕНВ 12977-3:2008 Системы солнечного теплоснабжения и их компоненты. Заказные системы. Часть 3. Определение характеристик тепловых аккумуляторов систем солнечного отопления

[20] ЕНВ 12977-2:2001 Системы солнечного теплоснабжения и их компоненты. Заказные системы. Часть 2. Методы испытаний

[21] ИСО/ФДИС 9459-5:2007 Солнечное отопление и горячее водоснабжение. Часть 5. Определение рабочих характеристик системы в целом и компьютерного моделирования

УДК 697.12:006.354 ОКС 91.140.10

Ключевые слова: теплоснабжение, энергопотребление, энергоэффективность, солнечный коллектор, отопление, горячее водоснабжение

Редактор *В.Н. Копысов*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Л.Я. Митрофанова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 29.04.2012. Подписано в печать 20.07.2012. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Ариал Усл. печ. л. 4,65.
Уч.-изд. л. 3,63. Тираж 126 экз. Зак. 637.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.