

**VISSMANN**

# КНИГА О «СОЛНЦЕ»

Руководство по проектированию  
систем солнечного теплоснабжения



Издано в честь 10-летия  
ООО «Виссманн» в Украине



# Руководство по проектированию

Систем солнечного теплоснабжения

ISBN 978-966-96828-1-9

ООО «Виссманн»

г. Киев тел.: (044) 461 98 41

г. Львов тел.: (032) 241 93 52

г. Донецк тел.: (062) 385 79 93

г. Одесса тел.: (0482) 32 90 52

г. Харьков тел.: (057) 704 31 20

[www.viessmann.ua](http://www.viessmann.ua)

06/2010

# Руководство по проектированию

Систем солнечного теплоснабжения





# Оглавление

## 10 Введение

## 11 Указания по использованию

## 13 Предисловие

## 14 А Основные положения

### 16 А.1 Потенциал использования солнечного излучения для теплоснабжения

17 А.1.1 Солнце как источник излучения

20 А.1.2 Излучение, попадающее на Землю

### 24 А.2 Основные характеристики солнечного коллектора

25 А.2.1 Коэффициент полезного действия солнечного коллектора

27 А.2.2 Температура стагнации

27 А.2.3 Мощность солнечного коллектора

28 А.2.4 Производительность солнечного коллектора

29 А.2.5 Доля замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии

### 30 А.3 Основные различия в режимах работы солнечной системы

31 А.3.1 Напорная система с незамерзающим теплоносителем

31 А.3.2 Напорная система с защитой от замерзания

32 А.3.3 Система «Drainback»

**34 В Компоненты солнечной системы**

**36 В.1 Коллекторы**

- 37 В.1.1 Конструкция и функционирование
- 38 В.1.2 Абсорбер
- 41 В.1.3 Площадь коллектора
- 42 В.1.4 Качество и сертификаты
- 43 В.1.5 Выбор типа коллектора
- 44 В.1.6 Некоторые аспекты монтажа коллекторов
- 54 В.1.7 Коллекторы как элементы архитектурного дизайна

**56 В.2 Емкостные водонагреватели**

- 57 В.2.1 Для чего необходимо аккумулировать теплоту?
- 58 В.2.2 Основы аккумулирования теплоты
- 62 В.2.3 Типы емкостных водонагревателей
- 65 В.2.4 Зарядка емкостного водонагревателя
- 70 В.2.5 Теплообменники

**72 В.3 Первичный контур**

- 73 В.3.1 Циркуляция в гелиоконтуре
- 81 В.3.2 Трубопроводы
- 84 В.3.3 Удаление воздуха
- 85 В.3.4 Теплоносители
- 87 В.3.5 Стагнация и устройства безопасности

**98 С Выбор и расчет солнечной системы**

**100 С.1 Проектирование гелиополя**

- 101 С.1.1 Схемы подключения одноконтурных гелиополей
- 102 С.1.2 Схемы подключения многоконтурных гелиополей
- 105 С.1.3 Подключение коллекторных панелей с разной ориентацией

**106 С.2 Расчет солнечных систем**

- 107 С.2.1 Расчет солнечной системы горячего водоснабжения
- 119 С.2.2 Расчет солнечной системы для поддержки системы отопления
- 126 С.2.3 Особенности использования солнечных систем в производственном секторе
- 127 С.2.4 Подогрев воды в плавательных бассейнах
- 132 С.2.5 Охлаждение с использованием солнечной энергии
- 134 С.2.6 Высокотемпературное использование

**136 С.3 Комбинации с регенеративными источниками теплоты**

- 137 С.3.1 Солнечные системы с котлами на биомассе
- 138 С.3.2 Солнечные системы с тепловыми насосами

**140 С.4 Расчет солнечной системы с помощью программы ESOP**



## **144 D Регуляторы солнечных систем**

### **146 D.1 Функции регулятора солнечной системы**

147 D.1.1 Основные функции

149 D.1.2 Дополнительные функции

### **154 D.2 Контроль функционирования и производительности солнечной системы**

155 D.2.1 Контроль функционирования

156 D.2.2 Контроль производительности

## **160 E Эксплуатация солнечной системы**

### **162 E.1 Ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание**

163 E.1.1 Соотношение давлений в солнечной системе

165 E.1.2 Подготовка к вводу в эксплуатацию

167 E.1.3 Процесс ввода в эксплуатацию

171 E.1.4 Уход за гликольсодержащим теплоносителем

### **172 E.2 Образование конденсата в плоских коллекторах**

## **176 Приложение**

### **178 Рекомендации по обеспечению рентабельности**

### **182 Рекомендации по выбору подрядчика для монтажа больших установок**

### **184 Рекомендации по выполнению требований постановления об экономии энергии**

### **186 Алфавитный указатель**



## Введение

Это руководство описывает и объясняет основные принципы расчета, проектирования, монтажа и эксплуатации солнечных систем. Оно разработано как справочное пособие для базовой и углубленной подготовки, а также окажет поддержку в ходе предпродажных консультаций.

### Указания по использованию

Представленная информация относится к специфическим вопросам подбора, расчета, проектирования, монтажа и технического обслуживания компонентов систем солнечного теплоснабжения.

Например, в разделе «Трубопроводы» подробно рассматриваются такие вопросы, как температурное удлинение и особенности подбора тепловой изоляции на крыше здания, в то время как инструкции относительно пайки трубопроводов имеют общий характер и поэтому не включены.

Иллюстрации в данном руководстве служат для углубления понимания функционирования отдельных компонентов солнечных систем, гидравлики и управления солнечной системой теплоснабжения, тем самым помогая принять инженерное решение в пользу конкретной схемы. По этой причине многие иллюстрации приведены схематично и позволяют сосредоточиться на том, что имеет наиболее важное значение.

Данное руководство дополняет техническую документацию на продукцию Viessmann. В технической документации представлена вся необходимая информация (точные размеры и технические характеристики) для различных компонентов солнечных систем. Кроме того, в технической документации приведены полные схемы систем со всеми необходимыми устройствами и описанием работы в различных режимах. Для некоторых этапов проектирования в тексте имеются ссылки на программы расчета и другую информацию, которая доступна в интернете по адресу [www.viessmann.com](http://www.viessmann.com).





## Предисловие

Энергетическая ситуация во всем мире характеризуется ограниченными запасами природного газа и нефти при растущем их потреблении и ощутимом росте цен. Кроме того, увеличение выбросов CO<sub>2</sub> приводит к негативным изменениям климата. Указанные обстоятельства вынуждают нас обращаться с энергией очень ответственно. Для этого необходимо увеличение эффективности работы систем энергоснабжения и расширение использования возобновляемых источников энергии. Для теплоснабжения различных зданий расходуется огромное количество энергии. Существенной экономии энергии и сокращения выбросов CO<sub>2</sub> можно добиться за счет использования инновационного отопительного оборудования.

Компания Viessmann предлагает комплексные решения для систем теплоснабжения с использованием всех видов топлива, обеспечивающие надежное и комфортное теплоснабжение при минимальном потреблении топлива, а также снижение выбросов CO<sub>2</sub>. Идеальным дополнением к любому генератору теплоты является солнечная установка для нагрева воды в системах горячего водоснабжения и отопления.

С помощью солнечной системы можно покрыть до 60 процентов годового потребления энергии на горячее водоснабжение. Солнечные установки, покрывающие часть нагрузки на отопление, позволяют еще больше снизить потребление топлива. С их помощью можно сэкономить до 35 процентов годовых расходов теплоты на отопление и горячее водоснабжение.

Интеграция солнечных установок в системы теплоснабжения требует применения четко согласованных системных компонентов с целью получения максимума тепловой энергии из солнечной. В основе этого должно лежать правильное проектирование системы теплоснабжения. Компания

Viessmann более 30 лет назад начала разработку и производство установок для использования солнечной энергии и приобрела в этой области большой опыт. Этот опыт мы и хотели бы изложить в краткой форме в данном руководстве по проектированию.

Правильное проектирование и квалифицированное исполнение являются основными условиями не только для безотказной и эффективной работы солнечной установки, но и для безопасности людей и зданий. Мы уделяем большое внимание безопасности при монтаже солнечных установок в новых и уже эксплуатируемых зданиях.

Я убежден, что данное руководство будет хорошим и давно ожидаемым пособием для всех, кто хочет использовать исключительные возможности на перспективном рынке солнечной тепловой энергии. Желаю всем пользователям больших успехов.

Доктор Мартин Виссманн







## A Основные положения

Для использования неисчерпаемых возможностей солнечного излучения необходимо создать высокоэффективные системы, состоящие из качественных компонентов.

Солнечная энергия может использоваться активно или пассивно. При пассивном использовании солнечной энергии солнечное излучение используется непосредственно (например, окна, зимние сады), то есть без применения вспомогательных технических средств.

Для активного использования солнечной энергии существуют различные технологии. Солнце можно использовать для получения тепловой и электрической энергии. Данное руководство посвящено исключительно использованию солнечной энергии для получения тепловой энергии.

Основным показателем для преобразования солнечной энергии в тепловую является уровень инсоляции, который зависит от времени года, расположения и площади поглощающей поверхности.

Коллектор (от лат. collegere = собирать) является основным компонентом солнечной системы (гелиосистемы) для преобразования солнечного излучения в тепловую энергию. В данном разделе будут приведены его важнейшие характеристики. С помощью дополнительных компонентов создается солнечная установка, которую можно использовать в системах теплоснабжения зданий.

### **16 A.1 Потенциал использования солнечного излучения для теплоснабжения**

**17** A.1.1 Солнце как источник излучения

**20** A.1.2 Излучение, попадающее на Землю

### **24 A.2 Основные характеристики солнечного коллектора**

**25** A.2.1 Коэффициент полезного действия солнечного коллектора

**27** A.2.2 Температура стагнации

**27** A.2.3 Мощность солнечного коллектора

**28** A.2.4 Производительность солнечного коллектора

**29** A.2.5 Доля замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии

### **30 A.3 Основные различия в режимах работы солнечной системы**

**31** A.3.1 Напорная система с незамерзающим теплоносителем

**31** A.3.2 Напорная система с защитой от замерзания

**32** A.3.3 Система «Drainback»



## Потенциал использования солнечного излучения для теплоснабжения

**Солнце является надежным источником энергии для человечества**

Возможности использования этого источника энергии для повседневного генерирования тепловой энергии достаточно изучены. Однако потенциал использования солнечной энергии еще далеко не исчерпан.

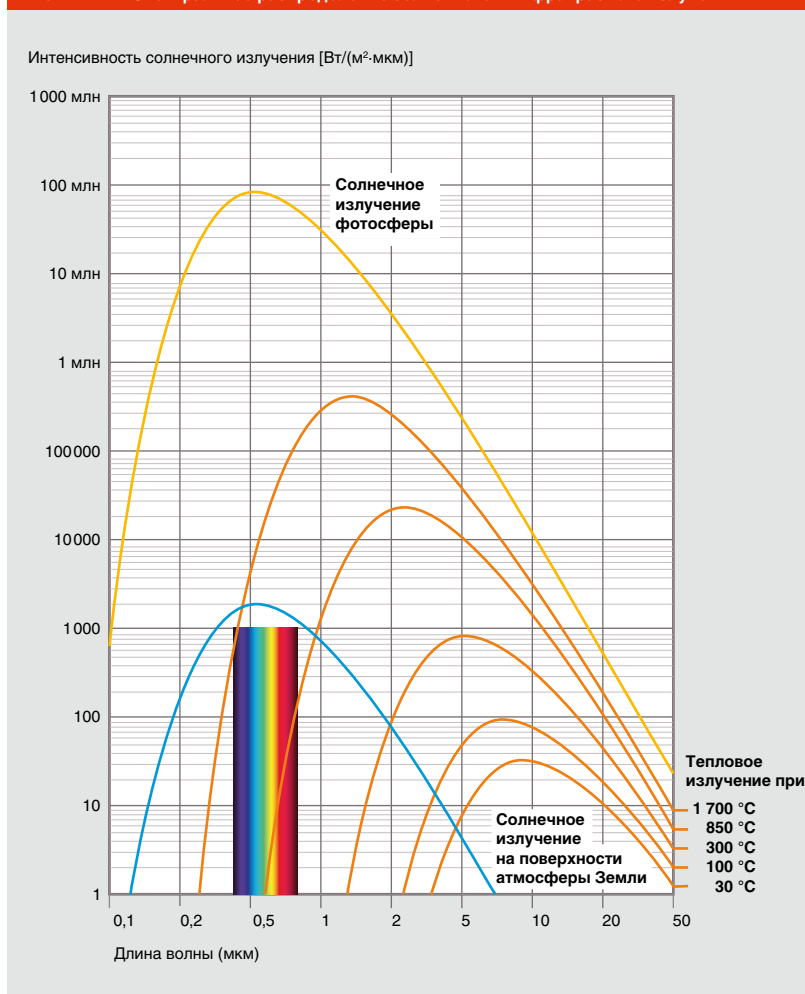
В этой главе описывается преобразование солнечного излучения в теплоту, особенности «солнечного топлива» и возможности эффективного использования бесплатной энергии излучения. Мы кратко расскажем о самых распространенных солнечных системах для теплоснабжения и сравним их между собой.

Эти фундаментальные знания являются основой для квалифицированного и технически правильного подхода к использованию солнечной энергии для теплоснабжения.

### А.1.1 Солнце как источник излучения

Излучение каждого тела имеет определенную длину волн. Длина волн зависит от температуры тела, интенсивность излучения увеличивается с ростом температуры. До температуры 400 °С тело излучает в длинноволновом, еще невидимом, инфракрасном диапазоне, далее с ростом температуры начинается диапазон видимого излучения. Так раскаленные докрасна металлы, имеющие температуру 850 °С, излучают видимый свет. Галогеновые лампы, начиная с температуры 1700 °С, излучают практически белый свет и частично невидимое, коротковолновое ультрафиолетовое излучение. Весь спектр различных длин волн источника излучения называется спектральным распределением.

Рис. А.1.1-1 Спектральное распределение солнечного и инфракрасного излучения



С ростом температуры увеличивается интенсивность излучения и доля коротковолнового излучения.

### Интенсивность солнечного излучения

Благодаря высокой температуре Солнце является особенно сильным источником излучения. Диапазон видимого солнечного излучения представляет лишь малую часть всего спектра излучения, но имеет при этом наивысшую интенсивность излучения.

Во внутренней части Солнца протекают процессы ядерного синтеза, при которых из атомов водорода синтезируются атомы гелия. Вследствие этого происходит высвобождение энергии, которая разогревает внутреннюю часть Солнца до температуры 15 миллионов градусов Цельсия.

Температура поверхности Солнца (фотосферы) составляет 5 500 °С. Интенсивность излучения на поверхности Солнца составляет 63 МВт/м<sup>2</sup>. Суточное количество энергии, которое излучается с одного квадратного метра, эквивалентно теплоте сгорания 151 200 литров мазута и составляет около 1 512 000 кВт·ч.

## А.1 Потенциал использования солнечного излучения для теплоснабжения

### Солнечная постоянная

Возраст Солнца – почти пять миллиардов лет, и оно будет служить нам еще примерно столько же. Его диаметр составляет 1,4 миллиона километров, а диаметр Земли – 13 000 км.

Средняя интенсивность солнечного излучения на поверхности атмосферы Земли достигает  $1\,367\text{ Вт/м}^2$ . Это значение называется солнечной постоянной – оно определено Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Организацией Объединенных Наций (ООН).

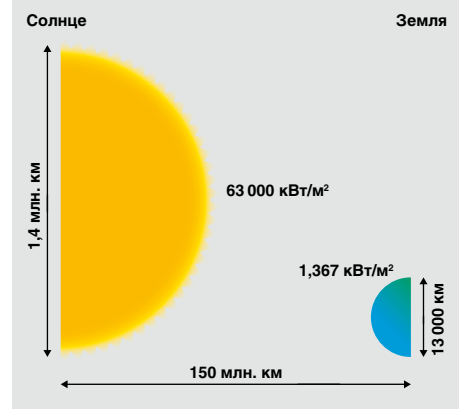
Фактическая интенсивность излучения колеблется в пределах  $\pm 3,5$  процентов вследствие того, что орбита вращения Земли вокруг Солнца имеет эллиптическую форму, расстояние от Земли до Солнца не постоянно и составляет от 147 до 152 млн. км. Кроме того, изменяется и солнечная активность.

### Влияние географической широты местности и времени года

Ось Земли, проходящая через Северный и Южный полюса, наклонена на  $23,5^\circ$  по отношению к оси ее орбиты вращения вокруг Солнца. С марта по сентябрь Солнце

Наклон земной оси при вращении вокруг Солнца обуславливает продолжительность солнечного сияния и смену времен года.

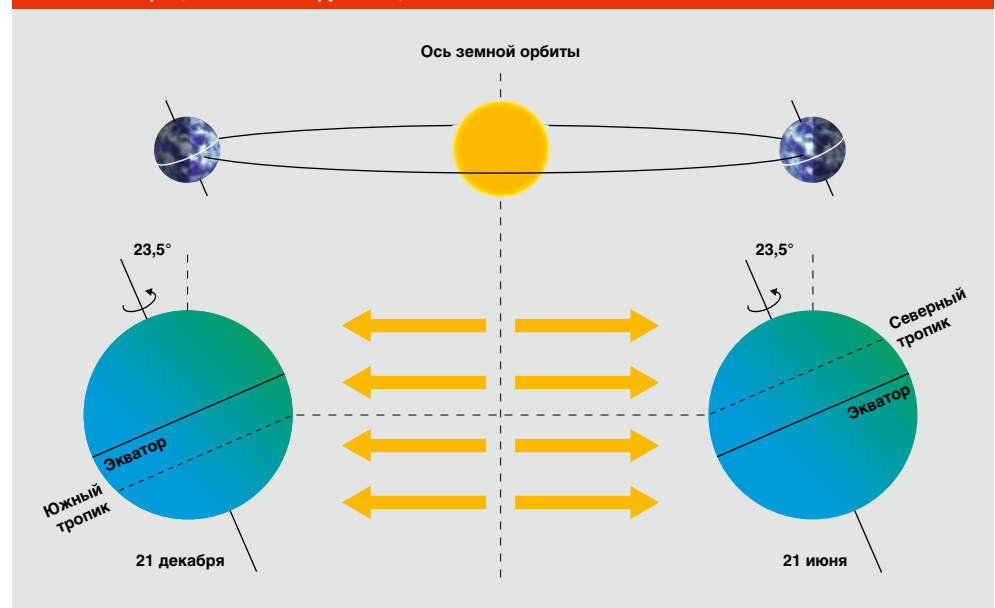
Рис. А.1.1-2  
Соотношения размеров Солнца и Земли

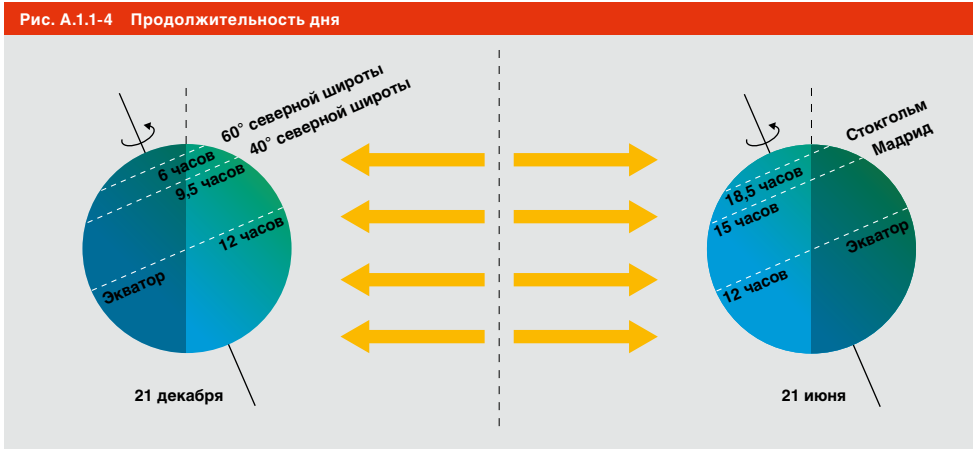


в большей степени освещает Северное полушарие, а с сентября по март – Южное, следствием чего является изменение продолжительности дня летом и зимой.

Продолжительность дня определяется также широтой местности, то есть чем дальше на Север, тем длиннее (летом) или короче (зимой) дни. В Стокгольме, например, 21 июня продолжительность дня составляет 18 часов 38 минут, а в Мадриде всего 15 часов 4 минуты. Зимой же все наоборот: 21 декабря продолжительность дня в Мадриде составляет 9 часов 18 минут, а в Стокгольме – 6 часов 6 минут.

Рис. А.1.1-3 Вращение Земли вокруг Солнца





Продолжительность дня зависит от времени года и широты местности

**Пример**

Город Вюрцбург (Германия) имеет координаты 49,7° северной широты. С учетом угла наклона оси Земли 23,5° это означает, что 21 июня Солнце находится в полдень под углом 63,8° к горизонту. В полдень 21 декабря этот угол составляет всего 16,8°. В Северном полушарии чем дальше к югу, тем выше в полдень поднимается Солнце на небосклоне, то есть угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность увеличивается с уменьшением широты. Самого высокого положения – 90° к горизонту (в зените) – Солнце достигает только в пределах тропиков.

Минимальная высота стояния Солнца 21 декабря:

$$H_s = 90^\circ - \text{широта} - 23,5^\circ$$

**Пример**

<b>Стокгольм (59,3°):</b>	$H_s = 90^\circ - 59,3^\circ - 23,5^\circ = 7,2^\circ$
<b>Вюрцбург (49,7°):</b>	$H_s = 90^\circ - 49,7^\circ - 23,5^\circ = 16,8^\circ$
<b>Мадрид (40,4°):</b>	$H_s = 90^\circ - 40,4^\circ - 23,5^\circ = 26,1^\circ$
<b>Киев (50,3°):</b>	$H_s = 90^\circ - 50,3^\circ - 23,5^\circ = 16,2^\circ$

Город Киев (Украина) имеет координаты 50,3° северной широты. С учетом угла наклона оси Земли 23,5° это означает, что 21 июня Солнце находится в полдень под углом 63,2° к горизонту. В полдень 21 декабря этот угол составляет всего 16,2°.

Наивысшее или наинизшее положение Солнца в зените в зависимости от географической широты местности можно рассчитать по следующей формуле:

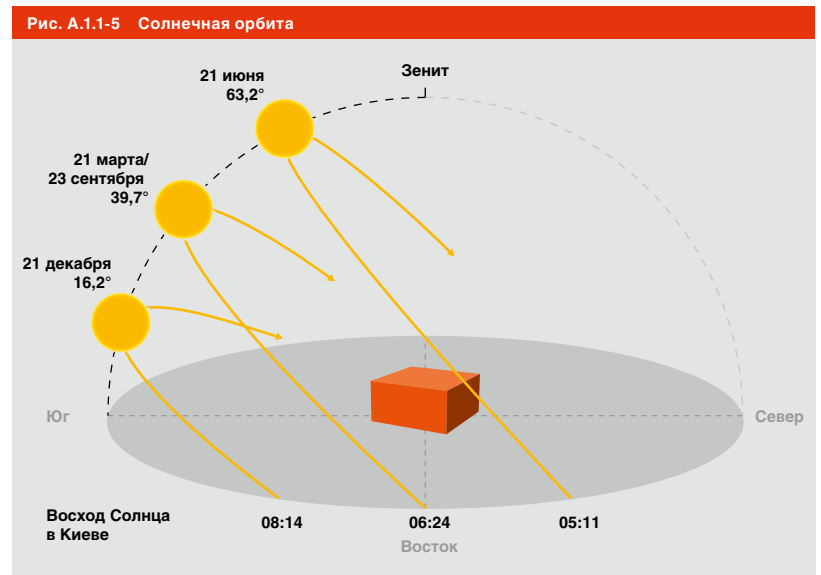
Максимальная высота стояния Солнца 21 июня:

$$H_s = 90^\circ - \text{широта} + 23,5^\circ$$

**Пример**

<b>Стокгольм (59,3°):</b>	$H_s = 90^\circ - 59,3^\circ + 23,5^\circ = 54,2^\circ$
<b>Вюрцбург (49,7°):</b>	$H_s = 90^\circ - 49,7^\circ + 23,5^\circ = 63,8^\circ$
<b>Мадрид (40,4°):</b>	$H_s = 90^\circ - 40,4^\circ + 23,5^\circ = 73,1^\circ$
<b>Киев (50,3°):</b>	$H_s = 90^\circ - 50,3^\circ + 23,5^\circ = 63,2^\circ$

Угол положения Солнца в зените изменяется в течение года на 47°.



## А.1 Потенциал использования солнечного излучения для теплоснабжения

При прохождении через атмосферу интенсивность солнечного излучения уменьшается. Часть излучения поглощается и отражается. Другая часть достигает поверхности Земли в виде рассеянного и прямого излучения.



### А.1.2 Излучение, попадающее на Землю

#### Суммарное солнечное излучение

Вследствие влияния атмосферы, из излучения интенсивностью  $1367 \text{ Вт/м}^2$  (солнечная постоянная) поверхности Земли достигает максимум около  $1000 \text{ Вт/м}^2$ . Атмосфера по-разному действует на весь спектр излучения. Слой облаков отражает часть излучения, другая часть поглощается (от латинского *absorbere* = поглощать). Часть излучения рассеивается плотными слоями атмосферы или облаков, вследствие чего возникает рассеянное излучение. Значительная часть излучения достигает поверхности Земли.

Излучение, падающее на Землю, частично отражается, а частично поглощается поверхностью Земли. Вследствие поглощения поверхность Земли нагревается. Отражение прямого излучения также создает рассеянное излучение.

Сумма рассеянного и прямого излучения называется суммарным излучением. Доля рассеянного излучения в суммарном излучении составляет как в Германии, так и в Украине в среднем около 50 процентов за год: летом несколько меньше, а зимой – больше.

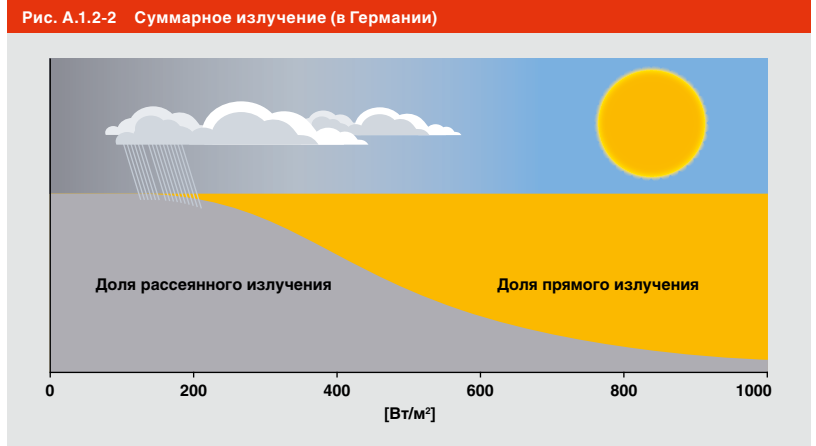
Отличие между прямым и рассеянным излучением важно для расчета солнечных систем, особенно для концентрирующих систем (параболические концентраторы и гелиостатические системы), поскольку эти системы используют только прямое излучение (см. главу С.2.6).

#### «Air Mass» (воздушная масса)

Интенсивность излучения на поверхности Земли определяется также длиной пути излучения через атмосферу. Этот редуцирующий эффект называется Air Mass (AM), то есть «воздушная масса», и определяется углом падения солнечных лучей.

Самый короткий путь соответствует вертикальному падению лучей ( $= 90^\circ$ ) и называется AM 1. Чем длиннее путь излучения до поверхности Земли, тем больше редуцирующее действие атмосферы.





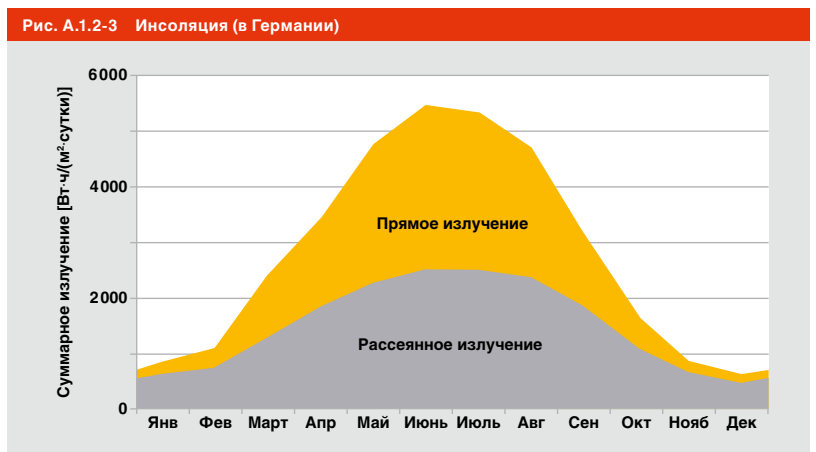
Границы между рассеянным и прямым излучением непостоянны. Даже кажущееся слабым излучение с высоким содержанием рассеянного излучения обладает интенсивностью, пригодной для использования.

**Интенсивность излучения**

Мощность излучения на определенной поверхности называется интенсивностью излучения. Таким образом, с физической точки зрения интенсивность излучения является мощностью на единицу площади и измеряется в ваттах на квадратный метр (Вт/м²). Интенсивность солнечного излучения сильно варьирует. От 50 Вт/м² при затянутом облаками небе до 1 000 Вт/м² при безоблачном небе.

Для расчета количества солнечного излучения, фактически превращаемого в тепловую энергию, необходимо дополнительно учитывать длительность излучения. Суммарной энергией солнечного излучения называется мощность за определенный период времени, единицей измерения ее является ватт-час (Вт·ч). Суммарная энергия солнечного излучения определяется за определенный период времени (за день, месяц или год).

Максимальное дневное суммарное солнечное излучение в Германии составляет около 8 кВт·ч/м² летом. И даже в солнечный зимний день суммарное солнечное излучение может достигать значения 3 кВт·ч/м².



Среднесуточное суммарное излучение в течение года изменяется почти в 10 раз. Доля рассеянного излучения составляет в среднем около 50 процентов.

## А.1 Потенциал использования солнечного излучения для теплоснабжения

Рис. А.1.2-4 Суммарное солнечное излучение в Германии



Суммарное солнечное среднегодовое излучение в Германии, по данным многолетних наблюдений, составляет 950 кВт·ч/(м² площади) в Северо-Германской низменности и 1 200 кВт·ч/(м² площади) в районе Фрайбурга или Альпийском регионе. Во всем мире эти цифры изменяются от 800 кВт·ч/(м² площади) в Скандинавии, до 2 200 кВт·ч/(м² площади) в Сахаре.

Реальное распределение суммарной энергии солнечного излучения по отдельным месяцам может отличаться от среднего значения на 50 процентов в различные годы.

Суммарное солнечное среднегодовое излучение в Украине, по данным многолетних наблюдений, изменяется от 1 000 кВт·ч/(м² площади) в северной и центральной части страны до 1 350 кВт·ч/(м² площади) в Крыму и южной части Одесской области. В связи с тем, что актинометрические наблюдения ведутся не во всех областях Украины, ее территорию условно разбили на 4 зоны по значению суммарного солнечного излучения на горизонтальную поверхность.

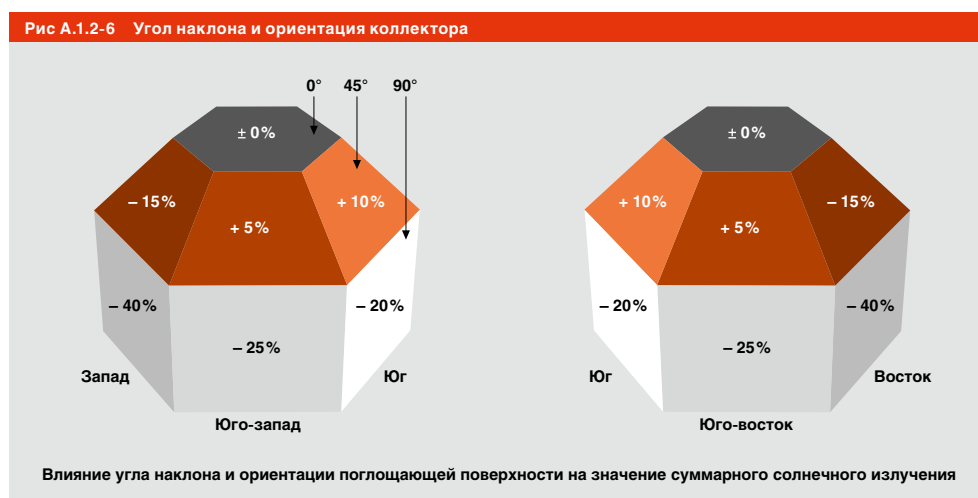
Рис. А.1.2-5 Суммарное солнечное излучение в Украине



Среднее количество часов солнечного сияния в Германии, по данным многолетних наблюдений, составляет от 1 400 часов в южной части Северной Саксонии до свыше 1 800 часов в северо-восточной Германии. При этом распределение часов солнечного сияния в Германии отличается от распределения суммарного солнечного излучения. В прибрежных областях,

например, солнечных дней больше, чем в глубине страны.

Однако отклонения от средних значений порой довольно значительны. Наряду с отклонениями годовых значений существуют также региональные и даже локальные отклонения.



В зависимости от угла наклона и ориентации поглощающей поверхности, происходит уменьшение или увеличение падающего солнечного излучения по сравнению с горизонтальной поверхностью.

### Угол наклона поглощающей поверхности солнечного коллектора

Приведенные в нормативной литературе значения суммарной энергии излучения относятся к горизонтальной поверхности. На их величину влияет угол наклона поглощающей поверхности коллектора.

Наклон поглощающей поверхности изменяет угол падения солнечных лучей, интенсивность облучения, а следовательно, и количество поглощенной энергии. То есть, суммарная годовая энергия солнечного излучения, отнесенная к единице поверхности, также зависит от угла наклона поглощающей поверхности.

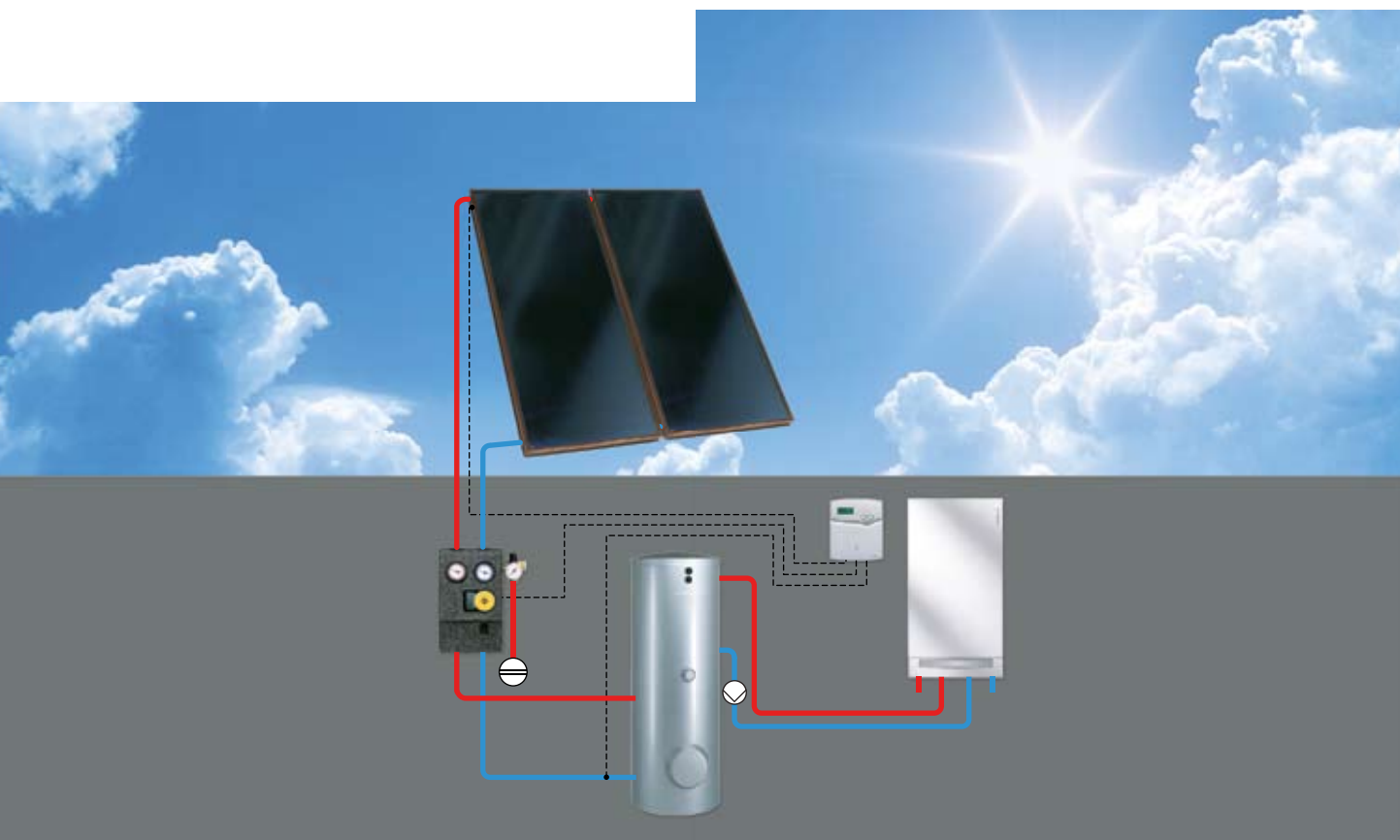
Количество энергии максимально, когда солнечные лучи попадают на поверхность, перпендикулярную солнечным лучам. Поскольку обеспечить слежение за солнцем достаточно сложно, можно расположить поглощающую поверхность под углом. В Германии на поглощающую поверхность под углом  $35^\circ$  с ориентацией на юг попадает энергии в среднем примерно на двенадцать процентов больше, чем на горизонтальную поглощающую поверхность. В Украине оптимальный угол наклона поглощающей поверхности составляет от 30 до 35 градусов.

### Ориентация поглощающей поверхности

Другим фактором, который необходимо учитывать при расчете количества поглощаемой солнечной энергии, является ориентация поглощающей поверхности. В северном полушарии оптимальной является ориентация поглощающей поверхности на юг. Отклонение поглощающей поверхности от южного направления называется азимутальным углом. Поверхность, ориентированная на юг, имеет азимутальный угол 0.

В гелиотехнике азимутальный угол указывается не так, как на компасе, здесь юг – это  $0^\circ$ , запад –  $+90^\circ$ , восток –  $-90^\circ$  и т. д.

На рисунке А.1.2-6 отображено влияние ориентации и угла наклона поглощающей поверхности на величину падающего излучения. В сравнении с горизонтальным положением мы получаем увеличение или уменьшение результатов. Между направлением на юго-восток и юго-запад и с углами наклона от  $25^\circ$  до  $70^\circ$  можно определить область, в которой производительность солнечной установки будет оптимальной. Значительные отклонения, например, в установках на вертикальных стенах, могут компенсироваться соответственно большей площадью коллектора.



## Основные характеристики солнечного коллектора

Коллекторы – это генераторы теплоты, которые во многом отличаются от традиционных источников теплоты. Самое большое отличие состоит в том, что источником энергии, используемой для получения теплоты, является не традиционное топливо, а солнечное излучение.

С одной стороны, солнечное излучение – это бесплатный источник энергии, который в человеческом понимании предоставлен нам на бесконечно долгий срок, а с другой стороны – он едва ли применим для современных потребностей и ограничен в фактическом предложении. В частности, в отопительный сезон, когда необходимо максимальное количество тепловой энергии, солнечная энергия – минимальна, и наоборот. Кроме того, Солнце невозможно включить или выключать по своему усмотрению. Такие исходные данные требуют принципиально другого подхода к проектированию энергетических установок, мощность которых предоставляется, так сказать, по требованию. Исключением стали установки, использующие энергию солнечного излучения, но для надежности дополненные вторым генератором теплоты – такие установки проектируются и эксплуатируются как бивалентные системы.

На приведенном выше рисунке изображена простая бивалентная установка: отопительный котел обеспечивает определенное количество горячей воды в любое время. Встроенная в систему солнечная установка предназначена для того, чтобы максимально возможное количество энергии поступало от солнечного излучения и при этом отопительный котел расходовал минимум топлива.

Уже из этого примера ясно, что успешная работа солнечной установки зависит не только от коллектора, но и от рациональной согласованности всех используемых компонентов. Для эффективного использования солнечного коллектора в качестве компонента системы теплоснабжения в следующих разделах будут рассмотрены его основные характеристики и критерии оценки.

### A.2.1 Коэффициент полезного действия солнечного коллектора

Коэффициентом полезного действия солнечного коллектора называется доля солнечного излучения, попадающая на площадь апертуры коллектора, которая преобразуется в полезную тепловую энергию. Площадью апертуры называется поверхность коллектора, на которую эффективно воздействует солнечное излучение (см. главу В.1.3). Коэффициент полезного действия зависит в том числе и от рабочего состояния коллектора, а способ его определения одинаков для всех типов коллекторов.

Часть попадающего на коллектор солнечного излучения теряется вследствие отражения и поглощения на прозрачном покрытии и вследствие отражения на абсорбере. По соотношению интенсивности попадающего на коллектор излучения и мощности излучения, преобразующейся в теплоту на абсорбере, можно рассчитать оптический коэффициент полезного действия коллектора. Он обозначается, как  $\eta_0$  (эта ноль).

Если коллектор нагревается солнечным излучением, то он теряет часть теплоты в окружающую среду вследствие теплопроводности материала коллектора, теплового излучения и конвекции (движения воздуха). Эти теплотери можно рассчитать с помощью коэффициентов тепловых потерь  $k_1$  и  $k_2$  и разности температур  $\Delta T$  (дельта Т) между абсорбером и окружающей средой. Подробнее об абсорбере читайте в главе В.1.2. Разность температур указывается в К (градусах Кельвина).



Излучение, падающее на коллектор, уменьшается на величину оптических потерь. Оставшаяся часть излучения нагревает абсорбер. Количество теплоты, отдаваемое коллектором в окружающую среду, является тепловыми потерями.

## А.2 Основные характеристики солнечного коллектора

Коэффициенты тепловых потерь и оптический коэффициент полезного действия – важнейшие характеристики производительности коллекторов.

Рис. А.2.1-2 Характеристики различных типов коллекторов

	Оптический коэффициент полезного действия %	Коэффициент тепловых потерь $k_1$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Коэффициент тепловых потерь $k_2$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>2</sup> )
Плоский коллектор	80	4	0,1
Плоский коллектор со стеклом с антиотражающим покрытием	84	4	0,1
Вакуумированный трубчатый коллектор	80	1,5	0,005

### Примечание

Чем больше разность температур между коллектором и наружным воздухом, тем больше тепловые потери, то есть при увеличении рабочей температуры коллектора или уменьшении температуры наружного воздуха коэффициент полезного действия снижается.

Оптический коэффициент полезного действия и коэффициенты тепловых потерь определяются по методу, описанному в Европейском стандарте EN 12975, и являются важнейшими характеристиками коллектора. Все эти характеристики указываются в техническом паспорте на коллектор (см. [www.viessmann.de](http://www.viessmann.de) > Produkte > Solarsysteme).

В соответствии с этими характеристиками и значением интенсивности солнечного излучения  $E_g$ , можно отобразить коэффициент полезного действия коллектора в виде графика.

$$\eta = \eta_0 - \frac{k_1 \cdot \Delta T}{E_g} - \frac{k_2 \cdot \Delta T^2}{E_g}, \text{ где}$$

$\eta$  – коэффициент полезного действия коллектора;

$\eta_0$  – оптический коэффициент полезного действия;

$k_1$  – коэффициент тепловых потерь в Вт/(м<sup>2</sup>·К);

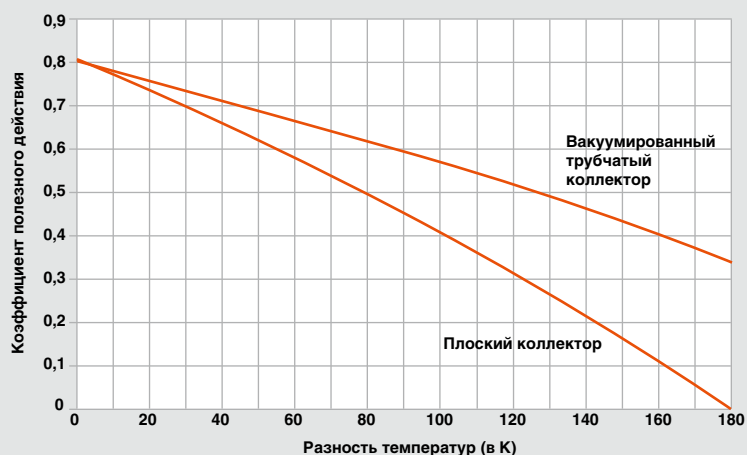
$k_2$  – коэффициент тепловых потерь в Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>2</sup>);

$\Delta T$  – разность температур в К;

$E_g$  – интенсивность излучения в Вт/м<sup>2</sup>.

Максимальный коэффициент полезного действия достигается в том случае, если разность температуры коллектора и температуры наружного воздуха равна нулю и коллектор не имеет тепловых потерь в окружающую среду.

Рис. А.2.1-3 Графики коэффициента полезного действия



С увеличением разности температур между коллектором и наружным воздухом вакуумированные трубчатые коллекторы имеют значительно больший коэффициент полезного действия, чем плоские.



### A.2.2 Температура стагнации

Если отбор теплоты от коллектора прекращается (теплоноситель не циркулирует, насос не работает), то коллектор нагревается до так называемой температуры стагнации. В этом состоянии тепловые потери равны поглощенному излучению, производительность коллектора равна нулю.

Как в Германии, так и в Украине плоские коллекторы достигают летом стагнации при температуре выше 200 °С, а вакуумированные трубчатые коллекторы – около 300 °С.

### A.2.3 Мощность солнечного коллектора

#### Максимальная мощность

Максимальная мощность коллектора определяется как произведение оптического коэффициента полезного действия  $\eta_0$  и максимального значения падающего излучения 1 000 Вт/м<sup>2</sup>.

Если предельный оптический коэффициент полезного действия составляет 80 процентов, то максимальная мощность одного квадратного метра площади коллектора составляет 0,8 кВт. Обычно это значение достигается редко, но является важным для расчета устройств безопасности солнечной системы.

#### Расчетная мощность

Расчетная мощность определяется для проектирования солнечной системы. Она используется для подбора оборудования и, прежде всего, для подбора теплообменника.

В качестве нижней границы принимается указанная в VDI 6002 часть 1, удельная мощность коллектора 500 Вт/м<sup>2</sup>, мы же рекомендуем для надежности использовать более высокое значение – 600 Вт/м<sup>2</sup> – при низких температурах, то есть в режимах эксплуатации с ожидаемым высоким значением коэффициента полезного действия коллектора. Все компоненты системы и пакетные солнечные системы Viessmann рассчитаны с учетом этого значения мощности коллектора.

#### Установленная мощность

В специальной технической литературе встречается еще один параметр мощности, используемый только для статистики и сравнения различных генераторов теплоты. Для сбора статистических данных обо всех установленных в регионе коллекторах, наряду с указанием площади в м<sup>2</sup> указывается также установленная мощность. Она составляет 700 Вт/м<sup>2</sup> площади абсорбера (усредненная мощность при максимальном падающем излучении). Эта величина не влияет на проектирование солнечной системы.

## А.2 Основные характеристики солнечного коллектора

### А.2.4 Производительность солнечного коллектора

Для расчета солнечной системы и определения параметров компонентов системы мощность коллектора менее важна, чем ожидаемая производительность установки.

Производительность коллектора определяется как произведение средней ожидаемой мощности (кВт) на соответствующую единицу времени (час). Полученное значение в кВт·ч относят к квадратному метру площади коллектора или площади апертуры (см. главу В.1.3) и получают значение в кВт·ч/м<sup>2</sup>. Это значение, отнесенное к количеству дней, важно для определения параметров бака-аккумулятора солнечной системы. Удельная производительность коллектора в год указывается в кВт·ч на м<sup>2</sup> площади и является важной оценочной характеристикой для определения параметров и режима эксплуатации установки.

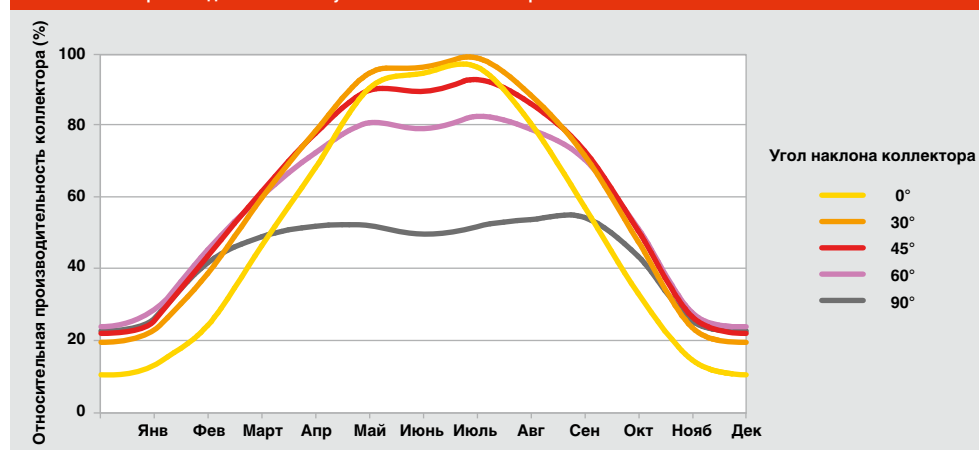
Чем выше значение, тем больше теплоты вырабатывает для системы теплоснабжения солнечная система. В целом за год встречаются такие режимы эксплуатации, при которых коллектор еще мог бы поставлять энергию, но аккумулятор, например, уже полностью заряжен. В этом случае производительность коллектора равна нулю. Производительность коллектора является важным оценочным параметром эффективности солнечной системы. Она особенно высока, если поверхность коллектора оптимально ориентирована и не имеет затенений.

В солнечных системах, покрывающих часть нагрузки на отопление, для повышения производительности и эксплуатационных характеристик целесообразно увеличивать угол наклона, поскольку оптимальная производительность имеет решающее значение для переходного и зимнего сезона. Летом, если солнечная энергия используется только для горячего водоснабжения, увеличение угла наклона коллектора позволяет уменьшить излишки энергии, а в переходный сезон увеличение угла наклона обеспечивает получение более высокой эффективности. Таким образом, в течение года теплота вырабатывается более равномерно, и производительность солнечной системы оказывается выше, чем в случае выбора ориентации коллектора на максимальное излучение.

#### Примечание

Выбор ориентации коллектора на максимальный приход солнечного излучения целесообразен только в том случае, если излучение, попадающее на коллектор, может использоваться в любое время.

Рис. А.2.4-1 Производительность и угол наклона коллектора



Распределение производительности в течение месяца при ориентации поверхности коллектора на юг зависит от угла наклона.

### А.2.5 Доля замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии

Для проектирования солнечной системы доля замещения тепловой нагрузки – наряду с производительностью – является еще одним важным критерием оценки. Этот параметр указывает, какая часть необходимой для использования тепловой энергии обеспечивается солнечной системой.

Такой подход, который связывает производительность солнечной системы с количеством используемой тепловой энергии, учитывает теплопотери в аккумуляторе теплоты и является общепринятым для определения доли замещения тепловой нагрузки. Однако можно также рассматривать отношение производительности солнечной системы к количеству энергии, дополнительно полученной от второго источника теплоты (котла). При этом расчетная доля замещения тепловой нагрузки получается выше. При сравнении солнечных систем необходимо учитывать, какой метод использовался для определения указанного значения доли замещения тепловой нагрузки.

Чем больше доля замещения, тем больше экономия энергии. Понятно, что покупатели часто хотят приобрести солнечную систему с максимально высокой долей замещения. Однако проектирование эффективной солнечной системы – это поиск компромисса между производительностью и долей замещения тепловой нагрузки.

Принципиально одно: чем больше доля замещения, тем меньше удельная производительность на квадратный метр площади коллектора – из-за невозможности избежать «перепроизводства теплоты» летом и снижения коэффициента полезного действия коллектора.

Напомним: коэффициент полезного действия падает при росте разности температур между коллектором и окружающей средой.

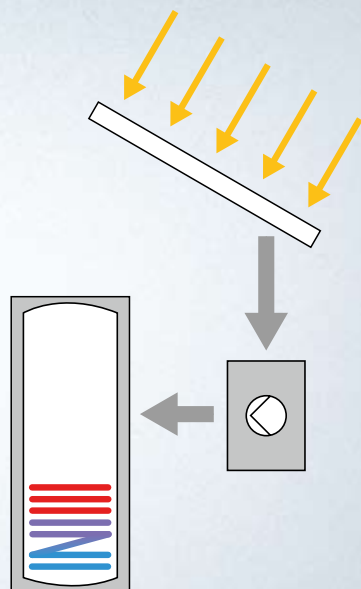
Разумный компромисс между производительностью и долей замещения – это, как правило, разумный компромисс между инвестиционными затратами на солнечную систему и экономией энергии.

Экономически обоснованная как для Германии, так и для Украины доля тепловой нагрузки, покрываемая за счет солнечной энергии, составляет для одно- и двухквартирных домов (небольшие солнечные системы) 50 – 60 процентов (на горячее водоснабжение), а для многоэтажных домов – 30 – 40 процентов (большие солнечные системы). При замещении части нагрузки на отопление указывается среднее (стандартное) значение, поскольку здесь доля замещения в большой степени зависит от теплотехнических характеристик здания (см. главу С.2.2).

Рис. А.2.5-1 Доля замещения тепловой нагрузки на горячее водоснабжение



Для каждой солнечной системы необходимо найти компромисс между долей замещения тепловой нагрузки и производительностью.



## Основные различия в режимах работы солнечной системы

В Германии наибольшее распространение получили солнечные системы, состоящие из солнечного коллектора, регулятора, насоса и хорошо изолированного аккумулятора теплоты.

В коллекторе солнечное излучение попадает на поглощающий элемент с селективным покрытием (абсорбер). На нижней стороне абсорбера закреплены медные трубки, по которым циркулирует рабочая жидкость (теплоноситель). Абсорбер нагревается солнечными лучами и отдает теплоту теплоносителю в трубках. Регулятор и насос обеспечивают отвод теплоты по трубопроводам. Затем в баке-аккумуляторе теплота передается нагреваемой воде через теплообменник.

По такому принципу работают все насосные солнечные системы такого типа. Однако в режимах их работы существуют принципиальные различия, о которых и пойдет речь.

Конструкции солнечных систем с естественной циркуляцией, не использующие насосы, описаны в главе В.2.4.2.

### А.3.1 Напорная система с незамерзающим теплоносителем

В таких системах с незамерзающей рабочей жидкостью используется теплоноситель, состоящий, как правило, из смеси воды и антифриза (гликоля). Теплоноситель подается насосом в трубки абсорбера, где нагревается, чтобы затем отдать теплоту в теплообменнике бака-аккумулятора.

Гликоль защищает установку от замерзания зимой. Кроме того, такая система обеспечивает антикоррозионную защиту, поскольку незамерзающие теплоносители содержат дополнительные антикоррозионные присадки.

Закрытые напорные системы обязательно оснащены расширительным баком, который воспринимает тепловое расширение теплоносителя и дополнительно возникающий объем пара при закипании теплоносителя в коллекторе.

Такие системы широко применяются в Центральной Европе, где их доля на рынке составляет около 95 процентов.

### А.3.2 Напорная система с защитой от замерзания

Система с защитой от замерзания по своей конструкции аналогична описанной ранее системе с незамерзающим теплоносителем. Разница состоит в том, что теплоносителем в ней является чистая вода, без добавления антифриза. Чтобы вода не замерзала, зимой на коллектор подается теплота от котла через бак-аккумулятор. Для энергетической оценки таких систем необходимо из полученной летом энергии вычесть энергию, расходуемую зимой на обогрев коллектора. Расход энергии на обогрев коллектора зависит от температуры наружного воздуха и, как правило, составляет не менее десяти процентов производительности системы.

Если такие установки подключены непосредственно к контуру котла (без гидравлического разделения контуров), то при проектировании и монтаже следует это учитывать (обработка теплоносителя, испытания под давлением и т.д.).

**Примечание**

Солнечные системы Viessmann – это напорные системы с незамерзающими теплоносителями. Такие системы

- гарантируют наиболее надежную защиту от замерзания зимой;
- не расходуют традиционные виды энергии на обогрев коллектора для защиты от замерзания;
- обеспечивают простое присоединение трубопроводов гелиоконтура;
- обеспечивают наиболее эффективную антикоррозионную защиту всех компонентов установки.

Рис. А.3.1 Система с незамерзающим теплоносителем

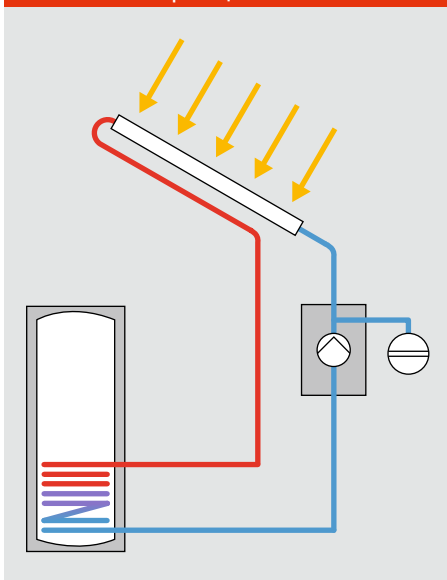
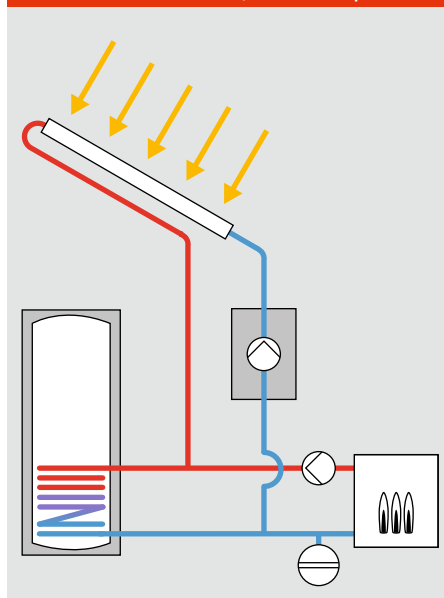


Рис. А.3.2 Система с защитой от замерзания



## А.3 Основные различия в режимах работы солнечной системы

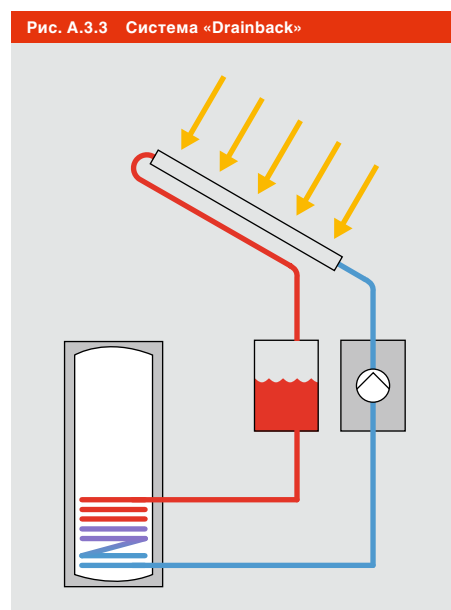
### А.3.3 Система «Drainback»

Отличительной особенностью системы «Drainback» является то, что теплоноситель сливается из коллектора, когда установка не работает. Такая система работает только с коллекторами, подключенными снизу, абсорбер которых позволяет осуществлять опорожнение коллектора за счет гравитации. Все трубопроводы, отходящие от коллектора, должны иметь соответствующий уклон, чтобы теплоноситель мог стекать в специальный резервуар.

Система «Drainback» является самоопорожняющейся системой, работающей, как правило, на чистой воде в качестве теплоносителя. Поэтому все компоненты системы, подверженные замерзанию, должны иметь возможность полностью опорожняться. Установку «Drainback» ни в коем случае нельзя включать зимой при низких температурах, даже если сам коллектор нагревается солнечным излучением. Такой тип установки должен иметь соответствующий уклон трубопроводов, что достаточно сложно реализовать, особенно в существующих зданиях.

В системах «Drainback» все чаще используется смесь воды и гликоля, что делает излишним условие полного опорожнения трубопроводов и коллектора для защиты от замерзания. Эти системы разрабатывались в первую очередь для применения в условиях длительного простоя для снижения тепловой нагрузки системы.

Потребление энергии (электроэнергии для насоса) в системах «Drainback» всегда выше, чем в напорных системах, поскольку установка заполняется теплоносителем при каждом новом запуске.











## В Компоненты солнечной системы

Правильное понимание конструкции и функционирования компонентов солнечных установок является важнейшим условием успешного проектирования и монтажа эффективных солнечных систем теплоснабжения.

Эта глава посвящена подробному рассмотрению каждого отдельного компонента солнечной системы. В ней также будут разъяснены как технические детали, так и важные функциональные связи. При этом станет понятно, как выбрать эффективный солнечный коллектор, как правильно подобрать подходящий бак-аккумулятор и на что обратить внимание при проектировании и монтаже отдельных компонентов в единую систему.

Содержащаяся здесь информация показывает, что солнечные системы с высокопроизводительными компонентами могут эффективно и надежно эксплуатироваться длительный срок.

### **36 В.1 Коллекторы**

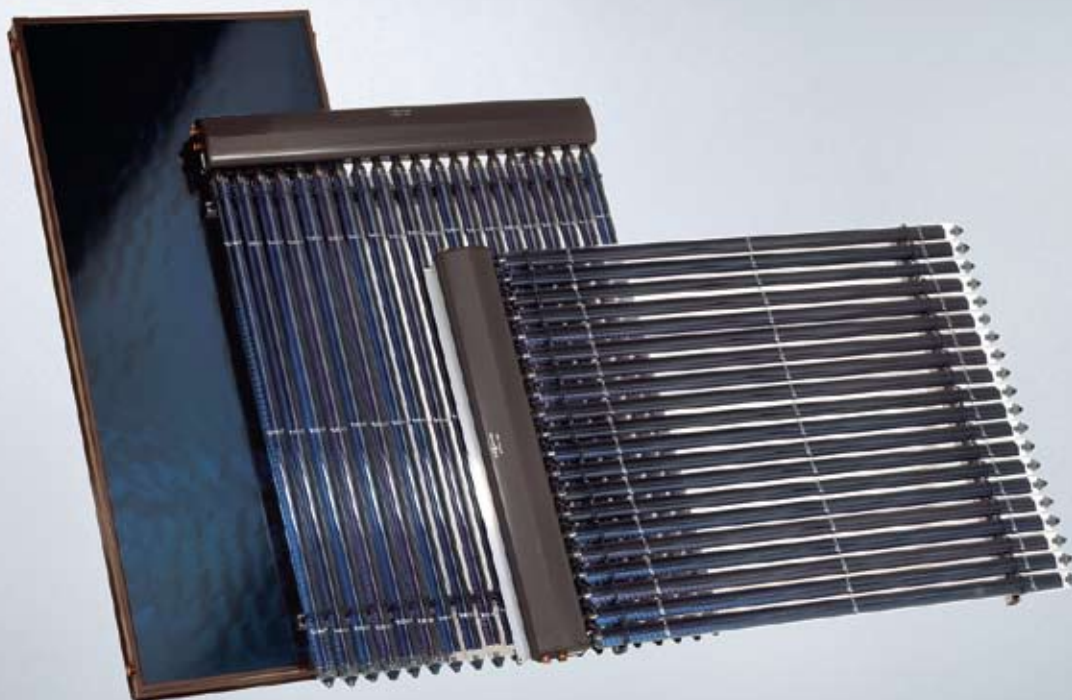
- 37** В.1.1 Конструкция и функционирование
- 38** В.1.2 Абсорбер
- 41** В.1.3 Площадь коллектора
- 42** В.1.4 Качество и сертификаты
- 43** В.1.5 Выбор типа коллектора
- 44** В.1.6 Некоторые аспекты монтажа коллекторов
- 54** В.1.7 Коллекторы как элементы архитектурного дизайна

### **56 В.2 Емкостные водонагреватели**

- 57** В.2.1 Для чего необходимо аккумулировать теплоту?
- 58** В.2.2 Основы аккумулирования теплоты
- 62** В.2.3 Типы емкостных водонагревателей
- 65** В.2.4 Зарядка емкостного водонагревателя
- 70** В.2.5 Теплообменники

### **72 В.3 Первичный контур**

- 73** В.3.1 Циркуляция в гелиоконтуре
- 81** В.3.2 Трубопроводы
- 84** В.3.3 Удаление воздуха
- 85** В.3.4 Теплоносители
- 87** В.3.5 Стагнация и устройства безопасности



## Коллекторы

Промышленное производство солнечных коллекторов началось в середине 70-х годов как реакция на энергетический кризис. С того времени Центральная Европа, задает стандарт для разработки этих устройств. Солнечные коллекторы – это высококачественные изделия, срок эксплуатации которых составляет более 20 лет.



Рис. В.1.1 Коллектор Acredal Viessmann имеет более чем 30-летний «опыт работы»

Развитие технологий значительно усовершенствовало коллекторы и в ближайшие годы изменение основной концепции этих устройств не предвидится. Оптимизации могут подвергнуться только детали, например, используемые материалы. Поэтому основным направлением в исследованиях и разработке становится интеграция солнечных систем в системы теплоснабжения и новые возможности использования солнечной энергии для теплоснабжения.

Этот раздел включает технические особенности коллекторов солнечной энергии. Мы рассмотрим отличия плоских и трубчатых вакуумированных коллекторов, а также обсудим их работу в разных условиях.

Основные отличительные признаки коллекторов заключены в конструкции абсорбера и изоляции коллектора от окружающей среды. Физика процесса преобразования солнечного излучения в тепловую энергию одинакова для всех коллекторов: солнечная энергия в абсорбере преобразуется в тепловую энергию.

Применение концентрирующих коллекторов для получения электрической энергии из солнечной описано в главе С.2.6.

## В.1.1 Конструкция и функционирование

### Плоские коллекторы

В настоящее время в Германии на долю плоских коллекторов приходится более 90 процентов рынка. В плоских коллекторах абсорбер, как правило, защищен корпусом из высококачественной листовой стали или алюминия, а с фронтальной поверхности закрыт гелиостеклом с низким содержанием железа, которое обеспечивает долговременную защиту от неблагоприятных погодных условий. Антиотражающее покрытие стекла дополнительно уменьшает отражение. Тепловая изоляция корпуса снижает тепловые потери.

Корпус плоских коллекторов Viessmann выполнен из алюминиевой рамы без косых разрезов и острых кромок. Благодаря бесшовному, устойчивому к воздействию погодных условий и ультрафиолетового излучения уплотнению стекла и прочной задней стенке корпуса обеспечивается долгий срок эксплуатации и высокая эффективность коллектора.

### Вакуумированный трубчатый коллектор

Преобразование солнечного излучения в тепловую энергию в абсорбере, как в плоских, так и в трубчатых коллекторах, происходит, в принципе, идентично. Значительные отличия состоят в тепловой изоляции: в трубчатом коллекторе абсорбер, как в термосе, встроен в вакуумированную стеклянную трубку. Вакуум обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, поэтому тепловые потери будут более низкими, чем в плоских коллекторах, особенно при высоких температурах, то есть в условиях эксплуатации, которые ожидаются при замещении тепловой нагрузки на отопление или кондиционирование воздуха.

Плоские коллекторы просто и надежно монтируются на плоской или скатной крыше, а также могут встраиваться в кровлю. Помимо того, коллекторы могут монтироваться на фасады зданий или устанавливаться в произвольном месте. Плоские коллекторы дешевле, чем трубчатые вакуумированные, и используются для установок горячего водоснабжения, подогрева воды в плавательных бассейнах и для покрытия части нагрузки на отопление помещений.

Плоские коллекторы имеют площадь брутто (внешние размеры) около 2 – 2,5 м<sup>2</sup>.



Рис. В.1.1-1 Плоский коллектор Vitosol 200-F

Условием надежности и длительной эксплуатации вакуумированных трубчатых коллекторов является долгосрочное сохранение вакуума благодаря надежной герметизации. В коллекторах Viessmann она обеспечена. Минимальные количества газа (главным образом, водорода), которые попадают внутрь вакуумированной полости, связываются тонкой пленкой бария (газопоглотителем), напыленной на внутренней стороне трубки коллектора.

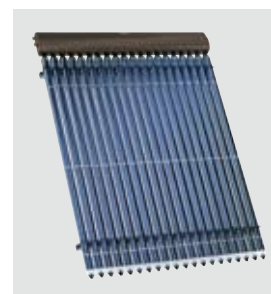
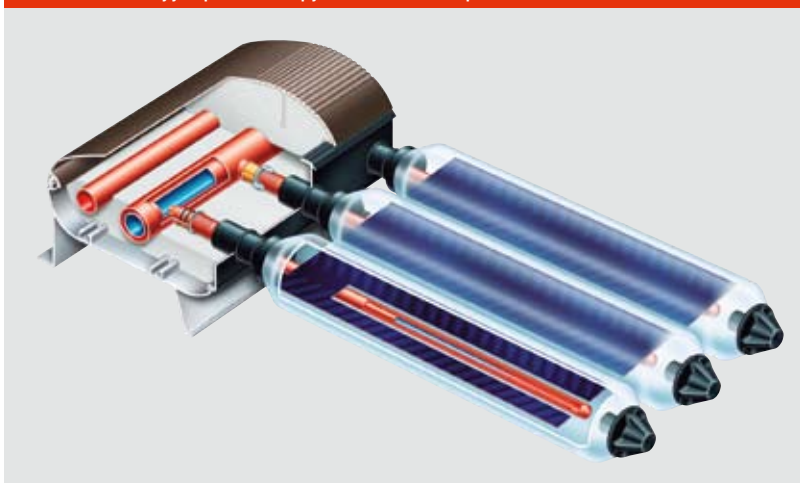


Рис. В.1.1-2 Вакуумированный трубчатый коллектор Vitosol 300-T

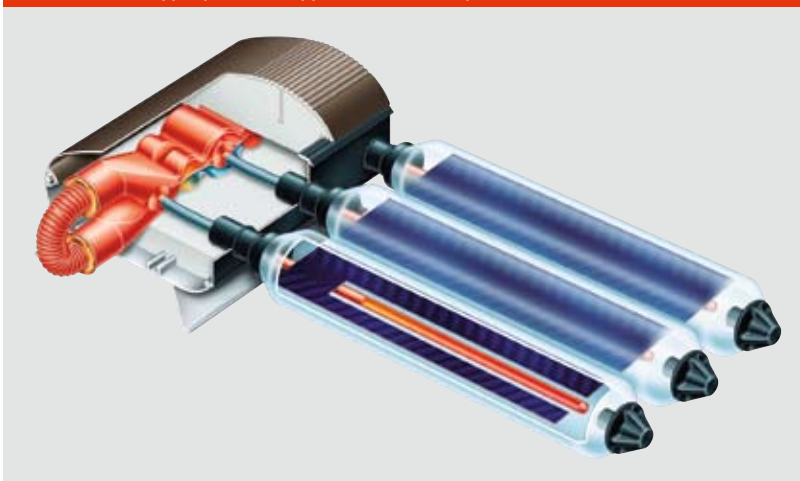
## В.1 Коллекторы

Рис. В.1.1-3 Вакуумированный трубчатый коллектор Vitosol 200-T



Прямоточный вакуумированный трубчатый коллектор с коаксиальной трубкой на абсорбере.

Рис. В.1.1-4 Вакуумированный трубчатый коллектор Vitosol 300-T



Вакуумированный трубчатый коллектор с тепловой трубкой (Heatpipe).

Существует два типа конструкции вакуумированных трубчатых коллекторов: прямоточные и с тепловой трубкой (Heatpipe).

В прямоточных вакуумированных трубчатых коллекторах теплоноситель циркулирует непосредственно в трубках абсорбера. Поэтому они могут монтироваться в любом положении.

В конструкции с тепловыми трубками в закрытой трубке абсорбера происходит испарение вторичного теплоносителя (как правило, воды). В верхней части трубок пар конденсируется в так называемом конденсаторе – где теплота передается теплоносителю. Этот процесс требует определенного угла наклона коллектора для обеспечения передачи теплоты от испарителя к конденсатору тепловой трубы.

### В.1.2 Абсорбер

Основным элементом коллектора является абсорбер. Именно в нем солнечное излучение преобразуется в теплоту. Теплота передается с поверхности абсорбера с селективным покрытием жидкому теплоносителю через припаянные, запрессованные или приваренные трубки. Абсорбер в большинстве случаев изготовлен из листовой меди или алюминия или из стекла. Нанесенное покрытие является высокоселективным, то есть обеспечивает максимально возможное преобразование поступающего излучения в тепловую энергию (высокая поглощательная способность, альфа ( $\alpha$ )), при этом только малая часть теплоты теряется вследствие излучения абсорбера (низкая излучательная способность, эpsilon ( $\epsilon$ )).



Пластины абсорбера покрываются либо гальваническим способом (черный хром), либо поглощающий слой наносится на абсорбер напылением (так называемые «синие слои»). Высокая селективность обеспечена в обоих случаях, покрытия отличаются устойчивостью к воздействию окружающей среды (например, хлоридосодержащий морской воздух), а также поглощательной и излучательной способностью при различных температурах. Различие в излучательной способности незначительно влияет на эксплуатационные характеристики небольших солнечных систем, поэтому при проектировании этим фактором можно пренебречь.

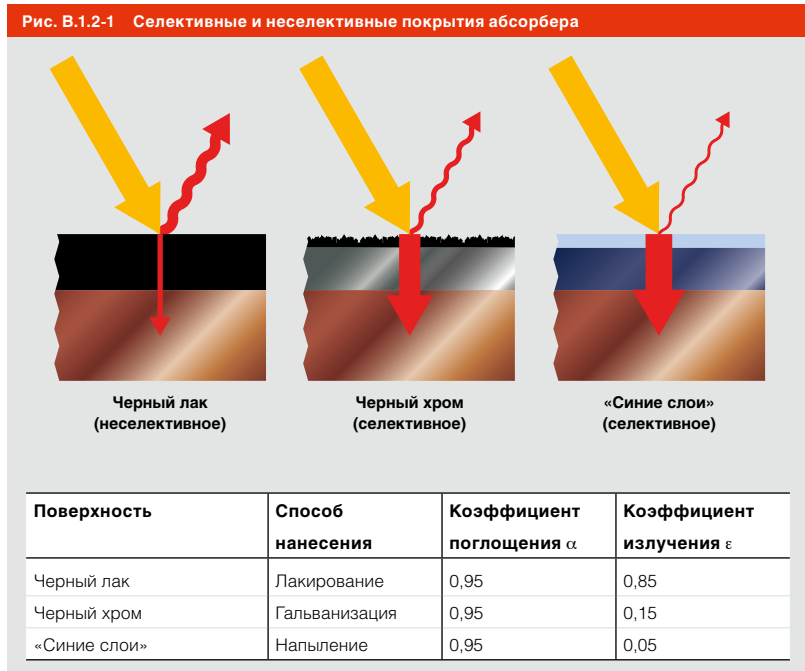
Те части трубок абсорбера, на которые попадает солнечное излучение, могут быть окрашены черной матовой краской, но в настоящее время это применяется редко. Современные абсорберы не являются полностью черными, а, в зависимости от угла зрения, имеют синеватый или зеленоватый оттенок.

**Абсорбер в плоских коллекторах**

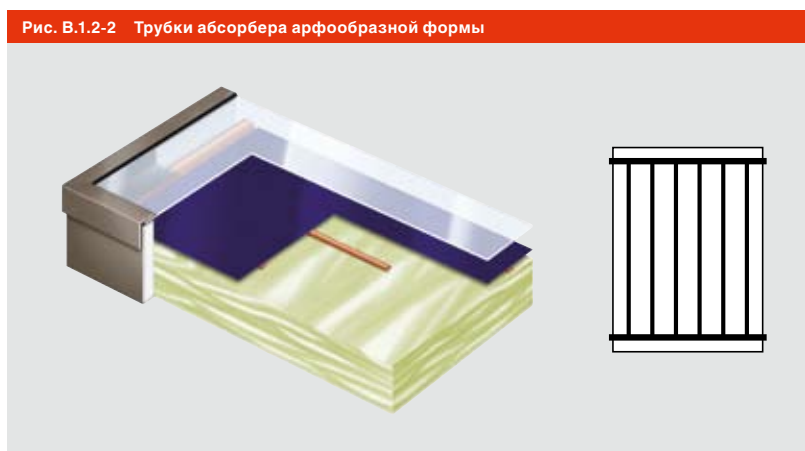
В плоских коллекторах абсорбер состоит из пластин или сплошных цельных листов металла (пластинчатый или сплошной абсорберы). Пластинчатые абсорберы представляют собой пластины, к которым прикреплены прямые трубки. Последние соединяются в виде струн арфы (рис. В.1.2-2). В сплошных абсорберах трубка может проходить по всей поверхности абсорбера в виде меандра (рис. В.1.2-3).

Коллекторы с пластинчатыми абсорберами в нормальных условиях эксплуатации имеют сравнительно небольшие потери давления, но сохраняют риск неравномерного распределения теплоносителя. Абсорберы с трубками в форме меандра обеспечивают очень надежный отбор теплоты, поскольку теплоноситель протекает по одной трубке.

В небольших солнечных системах данное различие при проектировании не учитывается, в больших гелиополях различия в течении теплоносителя необходимо учитывать (см. главу С.1).



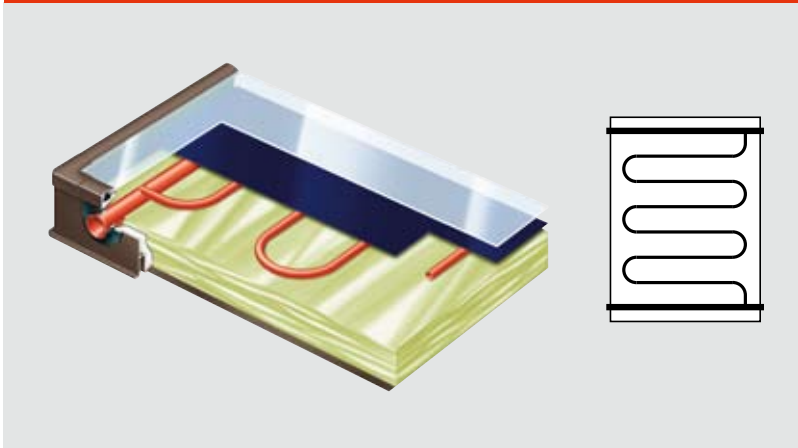
Эти поверхности одинаковы в части преобразования излучения в теплоту и отличаются по излучательной способности



Плоские коллекторы с абсорберами с арфообразными трубками обладают преимуществами благодаря небольшим потерям давления.

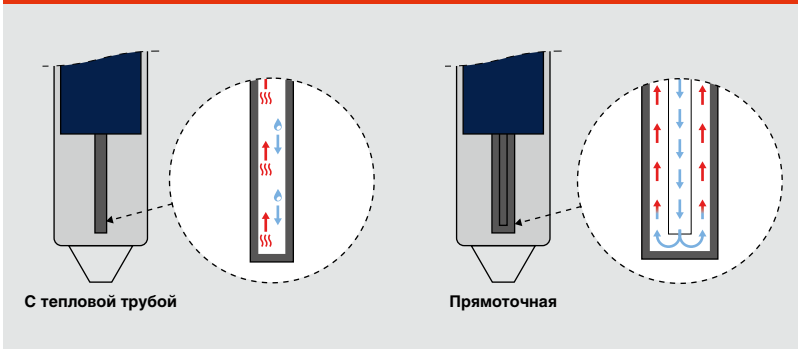
## В.1 Коллекторы

Рис. В.1.2-3 Трубка абсорбера в виде меандра



Коллекторы с абсорберами с трубками в форме меандра обеспечивают равномерный и надежный отбор теплоты.

Рис. В.1.2-4 Трубки абсорбера вакуумированного коллектора с тепловой трубой (Heatpipe)/прямоточные



Для отвода теплоты от абсорбера используется либо тепловая труба, либо непосредственное протекание теплоносителя (прямоточный).



Рис. В.1.2-5 Соединение конденсатора тепловой трубы с циркуляционным контуром относится к так называемому «сухому» типу.

Необходимо учитывать количество присоединительных патрубков. Если в коллекторе только два патрубка, они могут присоединяться только последовательно без дополнительных внешних трубопроводов. Коллекторы с четырьмя присоединительными патрубками более гибкие с гидравлической точки зрения – они упрощают проектирование и обеспечивают надежную работу больших коллекторных полей.

### **Абсорберы вакуумированных трубчатых коллекторов**

#### **Пластинчатые абсорберы**

В коллекторах данного типа абсорбер состоит из плоских пластин с припаянными к ним трубками. В прямоточных коллекторах используется коаксиальная трубка. Во внутренней трубе по принципу противотока протекает теплоноситель, подаваемый в трубу, по внешней, приваренной к абсорберу трубе, протекает отводимая среда, при этом происходит ее нагревание. В абсорберах с тепловой трубой используется запаянная трубка, в которой находится легкокипящая жидкость.

В вакуумированных трубчатых коллекторах Viessmann каждая трубка может поворачиваться вокруг продольной оси – благодаря этому абсорбер можно оптимально ориентировать относительно солнца при неблагоприятных условиях монтажа.

#### **Круглый стеклянный абсорбер**

В коллекторах данного типа две вставленные друг в друга стеклянные трубки соединяются друг с другом и вакуумируются. Абсорбер напыляется на внутреннюю стеклянную трубку. Через теплопроводящие металлические пластины и установленные на них трубки абсорбера солнечное тепло передается теплоносителю. Для того чтобы можно было использовать излучение на обратной стороне абсорбера, необходимо установить зеркало. Оптический коэффициент полезного действия этого типа коллектора, отнесенный к площади апертуры, в зависимости от конструкции, примерно на 20 процентов меньше, чем у коллекторов с плоскими абсорберами.

### В.1.3 Площадь коллектора

В солнечных коллекторах для обозначения значений производительности или мощности используются три различные площади. Однако в литературе не всегда корректно указано, какая площадь имеется в виду. В технических паспортах на коллекторы Viessmann все данные указаны точно.

#### Площадь брутто коллектора

Площадь брутто коллектора описывает внешние размеры коллектора и равна произведению его габаритных размеров – длины и ширины. Для определения производительности коллектора или его оценки площадь брутто не имеет никакого значения, но она важна для планирования места монтажа и определения необходимой площади крыши. Зачастую площадь брутто имеет значение для выбора транспортных средств.

#### Площадь абсорбера

Площадь абсорбера относится только к абсорберу. Для пластинчатых абсорберов перекрытие отдельных пластин не учитывается, поскольку закрытые зоны не относятся к активной площади. Для круглых абсорберов учитывается вся площадь, даже если определенные зоны абсорбера никогда не подвергаются воздействию прямого солнечного излучения. Поэтому площадь круглых абсорберов может быть больше площади брутто коллектора.

#### Площадь апертуры

В оптике апертурой называется отверстие оптического прибора. Если перенести это понятие на коллектор, то площадью апертуры будет являться максимальная проецируемая площадь, через которую может поступать солнечное излучение.

В плоском коллекторе площадью апертуры является видимая зона защитного стекла, то есть область внутри рамы коллектора, через которую излучение попадает в коллектор.

В вакуумированных трубчатых коллекторах, как с плоскими, так и с круглыми абсорберами без отражающих поверхностей, площадь апертуры определяется как сумма продольных сечений всех стеклянных трубок. Поскольку в стеклянных трубках сверху и снизу находятся небольшие участки без пластин абсорбера, площадь апертуры в этих коллекторах всегда немного больше площади абсорбера.

В трубчатых коллекторах с отражающими поверхностями, расположенными за трубкой, площадь апертуры определяется как проекция этих зеркальных поверхностей.

#### Примечание

В основном для расчета коллекторов используется площадь апертуры. Однако в отдельных случаях используется и площадь абсорбера. Поэтому очень важно точно различать эти значения.

Рис. В.1.3-1 Определение площадей плоских и вакуумированных трубчатых коллекторов



Размер коллектора указывается в квадратных метрах. При этом важно, к какой из площадей относится указанное значение.

## В.1 Коллекторы

### В.1.4 Качество и сертификаты

Коллекторы постоянно подвергаются воздействию погодных условий и значительных колебаний температуры. Вследствие этого они должны изготавливаться из материалов, выдерживающих вышеуказанные условия.

Коллекторы Viessmann изготавливаются из высококачественных материалов, таких как высококортовая сталь, алюминий, медь и специальное закаленное гелиостекло. Высококачественные материалы гарантируют длительный срок эксплуатации, рабочие характеристики коллекторов, проверяются в сертификационных центрах.

#### Тестирование коллекторов по EN 12975

Данное тестирование включает испытания для определения рабочих характеристик коллекторов и испытания на устойчивость к воздействию факторов окружающей среды, таких как дождь, снег или град.

#### Solar Keymark

Сертификация по программе Solar Keymark также включает испытание коллекторов по EN 12975, однако образец для испытаний отбирается непосредственно на производстве. Коллекторы Viessmann проходят тестирование по программе Solar Keymark.

#### Знак CE

Знаком CE производитель гарантирует соответствие оборудования всем необходимым европейским стандартам. Испытания при этом не проводятся.

#### «Голубой ангел» (RAL-UZ 73)

Экологическая маркировка «Голубой ангел» может быть получена дополнительно. Этот знак не ограничивает применения оборудования и до 2007 года действовал как стимулирующий фактор согласно немецкой программе гармоничного развития рынка. Для присвоения этого знака, кроме рабочих характеристик, дополнительно исследуются пригодность коллектора для переработки и используемые материалы в отношении оценки затрат энергии (КЕА).

#### Другие знаки союзов и обществ

Кроме испытаний, урегулированных стандартами, существуют и другие маркировки или знаки качества, дополнительное использование которых практически не признается пользователями, производителями или переработчиками. Viessmann, как и большинство компаний, не принимает участия в получении таких дополнительных маркировок.

Солнечные коллекторы Viessmann имеют все необходимые сертификаты в Украине.

Рис. В.1.4-1 Высокая эффективность и длительный срок службы коллекторов Viessmann являются результатом многолетней интенсивной работы.



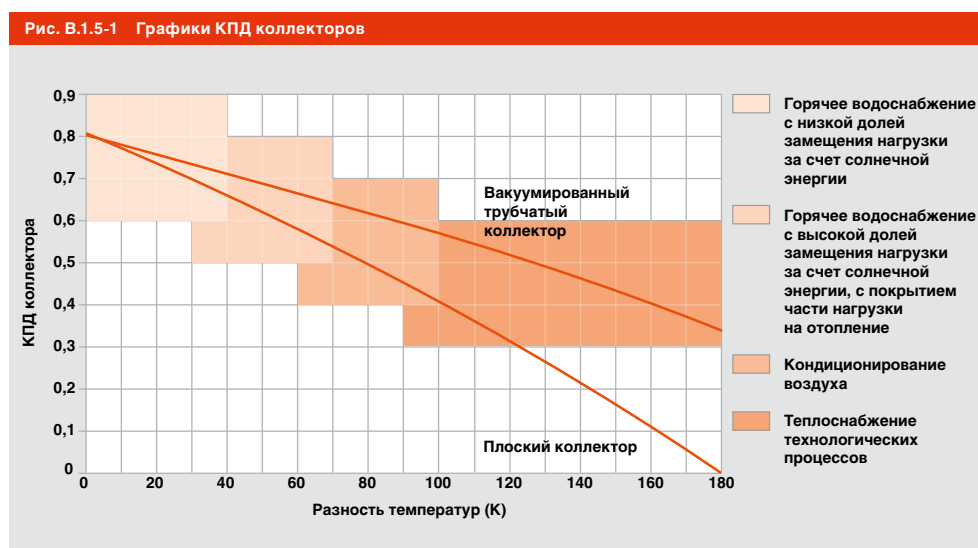
### В.1.5 Выбор типа коллектора

Решающим фактором для выбора типа коллектора является – наряду с наличием места для монтажа и описываемыми далее условиями монтажа – ожидаемая разность  $\Delta T$  между температурой коллектора и температурой наружного воздуха (см. главу А.2.1).

Средняя температура коллектора определяется как среднее арифметическое между температурой подающего и обратного трубопроводов, оказывает значительное влияние на коэффициент полезного действия коллектора, а следовательно, на его производительность. Для выбора типа коллектора большое значение также имеет производительность солнечной системы, для ее оценки необходимо учитывать климатические данные местности и ожидаемый период эксплуатации коллектора (сезонная или круглогодичная эксплуатация) – для большинства случаев применения это круглогодичная эксплуатация. Эти данные позволят определить ожидаемую разность температур между температурой коллектора и температурой наружного воздуха.

На рисунке В.1.5-1 видно, что средняя разность температур  $\Delta T$ , например, в солнечных системах горячего водоснабжения с низкой долей замещения тепловой нагрузки заметно меньше, чем в солнечных системах с высокой долей замещения или в установках, покрывающих часть нагрузки на отопление.

Однако при выборе коллектора важно также знать соотношение цена/производительность. Если производить выбор по графику КПД коллектора, то решение всегда будет в пользу вакуумированного трубчатого коллектора. Однако плоские коллекторы привлекательнее вакуумированных трубчатых по цене и дают хорошее соотношение цена/производительность, особенно для покрытия нагрузки на горячее водоснабжение.



Чем больше разность температур между коллектором и окружающей средой, тем больше преимущество вакуумированного трубчатого коллектора.

Рис. В.1.6-1 Варианты монтажа коллектора



### В.1.6 Некоторые аспекты монтажа коллекторов

Солнечные коллекторы – это генераторы теплоты, которые при правильном монтаже и правильном режиме эксплуатации могут работать более 20 лет. Поскольку в отличие от большинства других компонентов отопительной техники они постоянно подвергаются воздействию погодных условий, к их креплению предъявляются очень специфические требования: они должны обладать долговременной коррозионной устойчивостью и статической прочностью, большое значение имеет защита от молнии, а вследствие их размещения на конструкциях зданий важную роль играет архитектурный дизайн.

В ответ на стремительное развитие рынка в прошедшие годы были созданы готовые решения практически для всех форм крыши и вариантов монтажа. При этом коллектор и опорная конструкция, с точки зрения статики, образуют единое целое. В программе Viessmann имеются комплексные, прошедшие статические испытания системы для всех распространенных типов крыш и всех коллекторов Vitosol, что обеспечивает уверенность как проектировщикам, так и монтажникам.

В последующих разделах будут рассмотрены основы различных вариантов монтажа – подробные указания по монтажу и все необходимые компоненты, а также множество графиков и диаграмм из технической документации на коллекторы Vitosol.

#### В.1.6.1 Варианты монтажа

Солнечные коллекторы вследствие многообразия видов конструкции могут устанавливаться как в новых, так и в реконструируемых зданиях, как непосредственно на здании, так и рядом с ним. Они могут устанавливаться на скатных и плоских крышах, на стенах или монтироваться в произвольном месте на земле.

### а. Скатная крыша

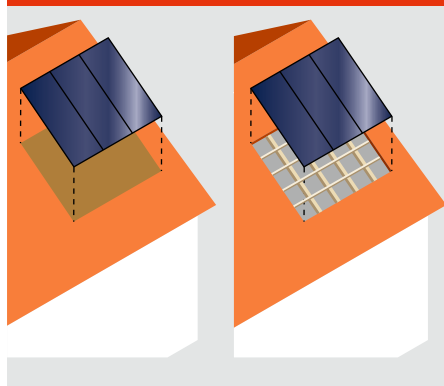
В коттеджах чаще всего используется крепление коллекторов параллельно скатной крыше. Оно может осуществляться над кровельным покрытием (монтаж на крыше) или внутри него (встраивание в кровлю).

Чтобы оценить, какой вид монтажа на скатной крыше можно реализовать, нужно примерно определить площадь, необходимую для коллектора. При этом следует предусмотреть достаточно места вокруг коллектора, чтобы обеспечить надежный монтаж и установить опорную конструкцию.

Обязательно нужно проверить ситуацию с затенением: для ориентированного на юг коллектора не должна затеняться зона между юго-востоком и юго-западом, а по высоте угол относительно горизонта не должен превышать  $20^\circ$ . При этом стоит подумать о том, что установка будет работать более 20 лет, и за это время деревья могут вырасти.

При первом осмотре крыши запишите тип кровельного покрытия, чтобы при составлении предложения учесть все необходимые детали крепления. От типа крыши зависит также калькуляция расходов на монтаж: существуют значительные отличия между простыми скатными крышами (например, с покрытием черепицей),

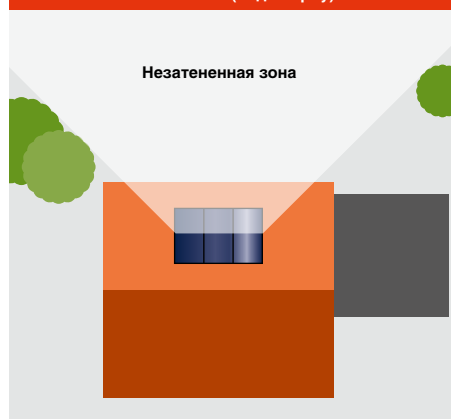
Рис. В.1.6-2 Принцип монтажа на скатной крыше



При монтаже коллекторов на скатных крышах различают монтаж на крыше и встраивание в кровлю.

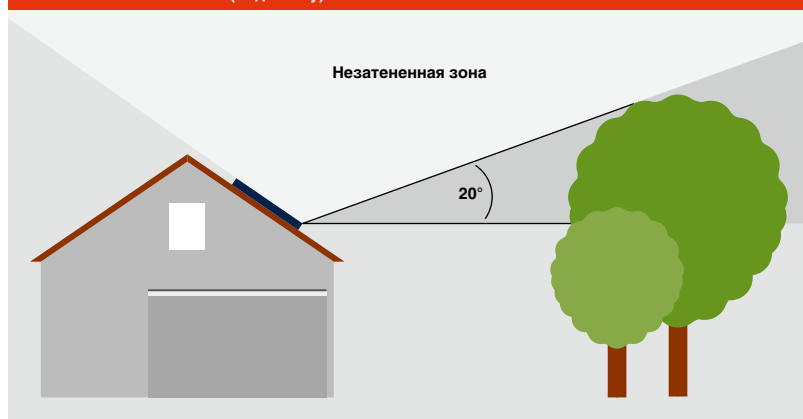
сложными скатными крышами (например, с покрытием волнистой черепицей) и крышами, на которых рекомендуется работать вместе с кровельщиком (например, при покрытии шифером). Установка коллектора не должна ухудшать выполнение крыши своей защитной функции. После завершения монтажа коллектора необходимо обеспечить герметичность крыши во всех точках крепления.

Рис. В.1.6-3 Затенение (вид сверху)



При выборе инсталляционной поверхности затенение можно допустить только в утренние или вечерние часы.

Рис. В.1.6-4 Затенение (вид сбоку)



Учитывая, что срок эксплуатации солнечной системы составляет 20 лет, необходимо также принимать во внимание ожидаемое затенение.



## В.1 Коллекторы

При выборе типа крепления необходимо учитывать статические требования. Стандартное крепление обеспечивает надежность только для стандартного случая со стандартными креплениями.

Рис. В.1.6-5 Монтаж на крыше (разрез)

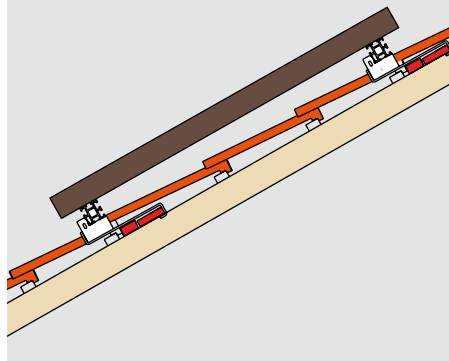
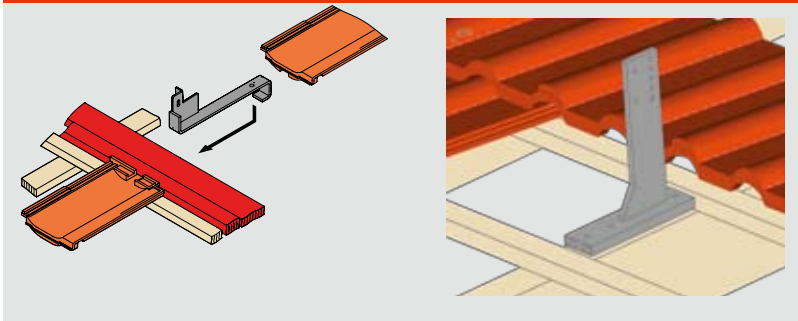


Рис. В.1.6-6 Монтаж на крыше с помощью кровельных креплений или монтажных крюков



В зависимости от статических требований, при монтаже на крыше для крепления используются кровельные крепления или монтажные крюки.

### Монтаж на крыше

При монтаже на крыше коллектор и конструкция крыши обязательно соединяются друг с другом, чтобы обеспечить надежное крепление со статической точки зрения. В каждой точке крепления соответствующая конструктивная деталь (монтажные крюки, кровельные крепления) проходят через влагонепроницаемое покрытие крыши под коллектором. При этом необходимо обеспечить полную влагонепроницаемость и надежное крепление, поскольку места крепления и возможные дефекты после монтажа будут труднодоступны. Выбор крепления зависит от расчетной ветровой и снеговой нагрузки (см. главу В.1.6.3).

Оба вида крепления (с помощью кровельных креплений и монтажных крюков) обеспечивают надежное соединение со стропилами. Крепление к имеющейся обрешетке (доске) не подходит, так как качество и прочность практически нельзя или очень трудно оценить. Коллекторы Vitosol должны устанавливаться с применением соответствующих крепежных элементов.

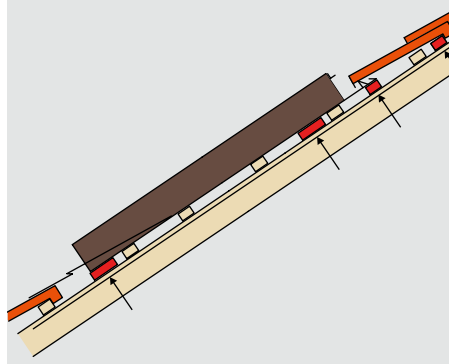
### Встраивание в кровлю

При встраивании в кровлю плоский коллектор устанавливается вместо кровельного покрытия. Благодаря этому коллектор статически прочно крепится ко всей системе обрешетки и стропил.

Что касается отвода воды, то здесь существуют разные монтажные решения: либо стеклянное покрытие коллектора образует водоотводящее покрытие (то есть он в принципе заменяет «твердое кровельное покрытие» по DIN 4102-7) или под коллектором устанавливается дополнительный герметизирующий покровный слой. Viessmann предпочитает второй вариант, поскольку это предотвращает проникание воды в случае повреждения стекла или возникновения других дефектов. Правда, такие повреждения возникают крайне редко (например, при сильном граде или вследствие вандализма), но ущерб, нанесенный при этом водой, может быть очень серьезным.

Преимущество встраиваемой в кровлю установки относится к области архитектурного оформления. Встроенный в крышу коллектор смотрится как ее составная часть.

Рис. В.1.6-7 Встраивание в кровлю (разрез)



Защиту от проникновения воды или снега обеспечивает также минимальный угол наклона крыши, для которого допускается встраивание коллектора в кровлю (см. техническую документацию). Если же коллектор расположен слишком горизонтально, он, как «большая черепица», не обеспечивает необходимый уклон при переходе к кровле.



Рис. В.1.6-8 Встраивание в кровлю

### **в. Плоская крыша**

В многоэтажных жилых домах или в промышленных зданиях коллекторы часто устанавливаются на плоских крышах. Преимуществом такой установки является то, что гелиополе может быть сориентировано непосредственно на юг и коллекторы могут быть установлены под оптимальным углом.

Первыми этапами проектирования являются изучение возможности монтажа, оценка монтажной площади с учетом необходимых расстояний до края крыши и обеспечение надежности монтажа.

Коллекторы могут крепиться на жестко установленной опорной конструкции или монтироваться в произвольном месте. При монтаже в произвольном месте защита коллекторов от скольжения и подъема осуществляется с помощью грузов-вкладышей. Под скольжением подразумевается смещение коллекторов на поверхности крыши ветром вследствие недостаточного сцепления между поверхностью крыши и системой крепления коллектора. Защита от скольжения может также осуществляться с помощью растяжек или крепления к другим деталям крыши. Для этого потребуется отдельный расчет.

При монтаже на плоской крыше угол наклона коллекторов может изменяться в зависимости от режима эксплуатации солнечной системы.

Рис. В.1.6-9 Монтаж на опорной конструкции

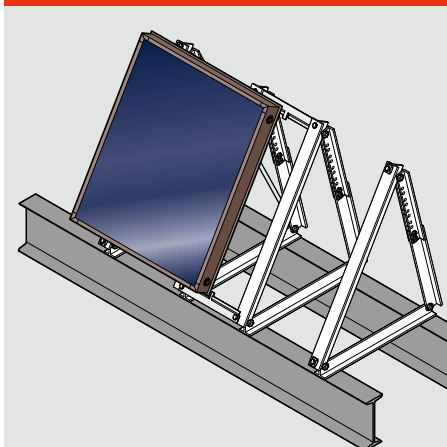
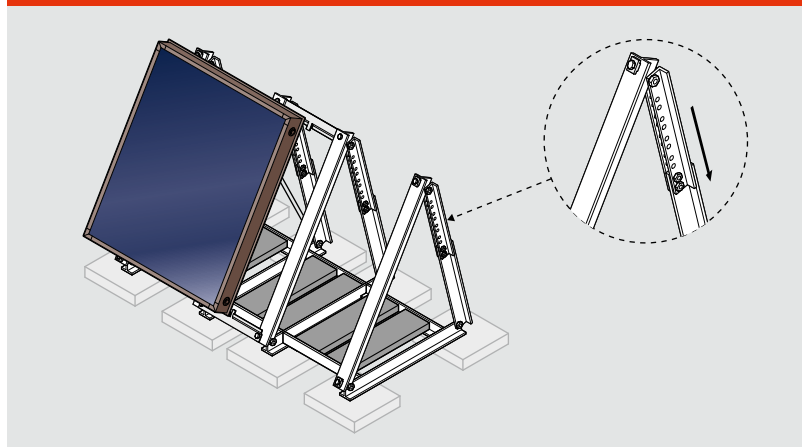
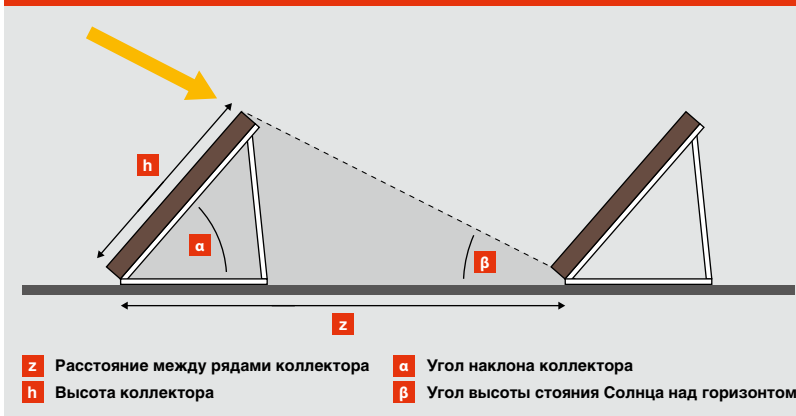


Рис. В.1.6-10 Монтаж в произвольном месте



## В.1 Коллекторы

Рис. В.1.6-11 Монтаж на плоской крыше



Во избежание затенения расстояние между рядами коллектора должно быть достаточным.

### Расстояние между рядами коллектора

Чтобы избежать затенения, необходимо соблюдать определенное расстояние между следующими друг за другом рядами коллектора. Для его расчета требуется знать угол высоты стояния солнца над горизонтом в полдень 21 декабря, в самый короткий день года. В Германии, в зависимости от широты местности, этот угол составляет от 11,5° (во Фленсбурге) до 19,5° (в Констанце).

В Украине (Киев) этот угол составляет 16,2°.

#### Пример

Координаты города Киева (Украина) составляют 50,3° северной широты. В Северном полушарии это значение вычитается из прямого угла ( $90^\circ - 23,5^\circ = 66,5^\circ$ ) (см. главу А.1.1).

Значит, в Киеве угол высоты солнца над горизонтом в полдень 21 декабря составляет 16,2° ( $66,5^\circ - 50,3^\circ = 16,2^\circ$ ).

Метод расчета представлен в части 1 VDI 6002. В утренней и вечерней фазе затенения избежать, конечно, нельзя, но этими потерями производительности можно пренебречь.

Исходя из этого, расстояние между рядами коллектора рассчитывается таким образом:

$$\frac{z}{h} = \frac{\sin(180^\circ - (\alpha + \beta))}{\sin \beta}, \text{ где}$$

**z** – расстояние между рядами коллектора;  
**h** – высота коллектора;  
**α** – угол наклона коллектора;  
**β** – угол высоты стояния Солнца над горизонтом.

#### Пример

Для примера возьмем город Сумы (Украина) (50,5° с.ш.), высоту коллектора 1,2 м и угол его наклона 45°:

$$\frac{z}{1,2 \text{ м}} = \frac{\sin(180^\circ - (45^\circ + 16,5^\circ))}{\sin 16,5^\circ} = 3,72 \text{ м.}$$

Значит, в данном случае расстояние между рядами коллектора должно составлять не менее 3,72 м.

В инструкции по проектированию Viessmann можно найти значения расстояния между рядами для всех типов коллекторов при различных углах высоты стояния Солнца над горизонтом.

### Монтаж на плоской крыше в горизонтальном положении

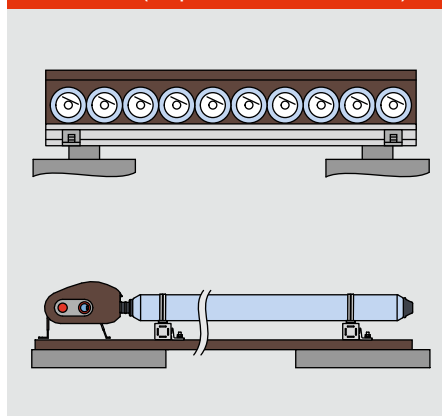
Прямоточные вакуумированные трубчатые коллекторы могут устанавливаться на плоских крышах в горизонтальном положении. Производительность на квадратный метр площади коллектора в этом случае, конечно, будет меньше (см. главу А.1.2), но и расходы на монтаж также будут заметно меньше. Если трубки коллектора расположены в направлении восток – запад, производительность можно легко увеличить, поворачивая отдельные трубки на угол 25°.

Плоские коллекторы нельзя устанавливать в горизонтальном положении, поскольку при этом не происходит самоочищение стеклянного покрытия дождем и затруднена вентиляция и удаление конденсата из коллектора.



Рис. В.1.6-12  
Монтаж на плоской крыше (в горизонтальном положении).

Рис. В.1.6-13 Монтаж на плоской крыше (в горизонтальном положении)



### с. Монтаж на стенах зданий

На стенах можно, в принципе, устанавливать коллекторы всех типов.

Однако следует учитывать, что при таком виде монтажа должны выполняться определенные требования нормативных документов.



При монтаже вакуумированных трубчатых коллекторов на стене в вертикальном положении можно регулировать наклон абсорберов. Улавливающий поддон обеспечивает безопасность.



При монтаже вакуумированных коллекторов на стене угол наклона абсорбера коллектора можно регулировать.

Остекление с углом наклона по отношению к вертикали менее чем  $10^\circ$  относят к вертикальным остеклениям, а с углом более  $10^\circ$  – к наклонным.

В соответствии с требованиями нормативных документов для остекления, верхний край которого находится на высоте от 4 метров и более над транспортной магистралью, разрешается применять только безопасное стекло по DIN 1249. Остекление коллекторов не соответствует этому стандарту, поскольку иначе их оптические свойства сильно ухудшатся. По этой причине коллекторы над транспортной магистралью должны защищаться такими методами, как установка натяжной сетки или улавливающих поддонов.

При монтаже коллектора параллельно стене (ориентация на юг) на него попадает примерно на 30 процентов меньше излучения, чем при монтаже под углом  $45^\circ$ . Если солнечная система в основном эксплуатируется в переходный период или зимой (покрытие нагрузки на отопление за счет солнечной энергии), то при монтаже коллекторов на стенах в вертикальном положении можно добиться от коллекторов более высокой производительности (см. главу А.2.4).

Если коллекторы размещаются не параллельно стене, то производительность соответствует установкам, расположенным на плоских и скатных крышах с таким же углом наклона. Если несколько рядов коллектора располагаются друг над другом, то, во избежание затенения, необходимо соблюдать определенное расстояние между ними. В этом случае учитывается не угол высоты стояния Солнца над горизонтом в зимнее время, как для установок на плоских крышах, а угол высоты стояния Солнца, но в летний период.



Рис. В.1.6-14  
Вертикальный монтаж на стене



Рис. В.1.6-17 Монтаж на стене  
(наклонная поверхность)

## В.1 Коллекторы

### В.1.6.2 Коррозионная устойчивость

Солнечные коллекторы и устройства крепления Viessmann выполнены из стойких к влиянию атмосферных воздействий материалов – это должно быть учтено при монтаже коллекторов. Это особенно касается коррозионной стойкости крепежных материалов и обращения с ними рабочих при монтаже солнечной системы.

Самым надежным является использование нержавеющей стали и/или алюминия. Оба этих материала сами по себе и в комбинации друг с другом очень устойчивы к коррозии. При использовании в прибрежных районах алюминиевые детали должны анодироваться или иметь какую-либо другую дополнительную защиту. Крепления Viessmann выполнены исключительно из нержавеющей стали или алюминия, включая все используемые винты, гайки и прочие соединительные детали. Если крепление коллектора, в силу особых условий строительства, разрабатывалось и изготавливалось отдельно, его коррозионная защита должна удовлетворять высоким требованиям к качеству.

Если в больших солнечных системах (для плоских крыш) для снижения затрат или по иным требованиям используется конструкция из оцинкованных стальных балок, то после установки оцинкованной конструкции на крышу больше никаких отверстий в ней делать не разрешается!

Крепление стропильных анкеров или кровельных крюков также должно быть коррозионностойким. Сюда, правда, не попадает дождевая вода, но на металлических деталях, расположенных прямо под кровлей, часто конденсируется влага из воздуха.

#### Примечание

Следует учитывать, что мелкие детали из оцинкованного железа в конструкции из алюминия или нержавеющей стали не защищены от коррозии. Ржавые винты – а такие винты будут ржаветь – не только портят внешний вид, но и со временем ухудшают устойчивость всей опорной конструкции.



Рис. В.1.6-18 При выборе материалов следует помнить, что коррозия абсолютно недопустима.

Справа: Рис. В.1.6-19 Коррозионноустойчивые крепежные элементы.



### В.1.6.3 Ветровая и снеговая нагрузка

Каждое крепление коллектора должно быть сконструировано так, чтобы оно воспринимало максимально возможную ветровую и снеговую нагрузку, без повреждения устройства или здания. Соответствующие нормы, которые необходимо при этом учитывать, описаны в DIN 1055 или EN 1991.

Снег действует на конструкцию как дополнительный вес. Поэтому в конструкции гелиоустановки необходимо учитывать зоны снеговой нагрузки, в которых она эксплуатируется.

Ветер действует на конструкцию как давление или разрежение, при этом важную роль играет высота здания. В DIN 1055 приведены зоны ветровой нагрузки и характеристики местности, которые вместе с высотой здания используются в расчетах удельной нагрузки.

Коллекторы Viessmann, а также все крепежные элементы и принадлежности проходят испытания по EN 12975, их прочность – вместе с другими компонентами – подтверждается документально. Это касается как стандартных креплений, так и специальных исполнений для нестандартных условий, например, для зоны снеговой нагрузки 3 (менее 1 процента территории Германии).

Прочность, соответствующая EN 12975, является необходимым условием обеспечения прочности всей конструкции, однако ее одной не достаточно для проектирования установки. Для обеспечения надежности всей конструкции необходимо

перед началом проектирования ответить на следующие вопросы:

1. Выдержит ли существующая или проектируемая конструкция крыши вес коллектора и его опорной конструкции, а также дополнительную нагрузку, создаваемую снегом, давлением или разрежением ветра?
2. Правильно ли определены точки крепления и возникающие нагрузки для обеспечения надежного закрепления установки в зависимости от высоты здания?

Ответить на первый вопрос можно только в том случае, если есть достаточно информации о здании и его состоянии, а конкретные параметры вытекают из ответа на второй вопрос. Чтобы приблизить все к практике и упростить, Viessmann подготовил специальную программу расчета. После ввода некоторых данных (тип коллектора, угол наклона, высота здания, место монтажа и т. д.) можно быстро определить соответствующую расчетную нагрузку на крепление.

При этом к определенным частям крыши предъявляются особые требования:

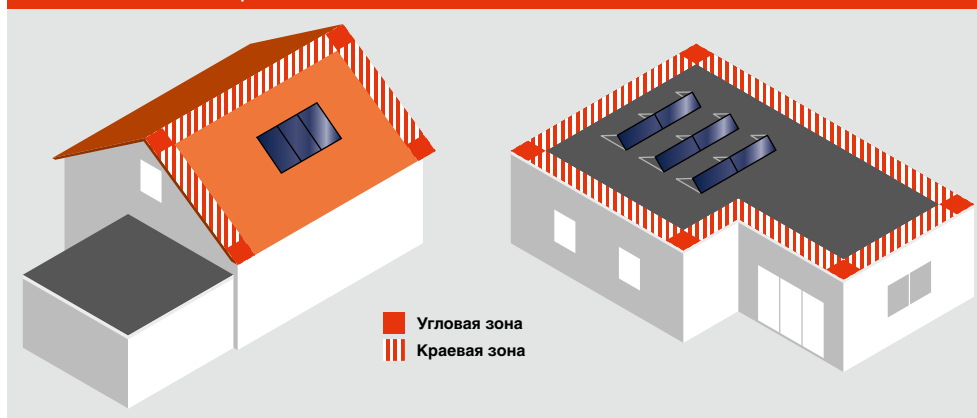
- угловая зона – с двух сторон граничит с краем крыши;
- краевая зона – граничит с краем крыши с одной стороны (без свеса).

Значения ширины угловой и краевой зоны рассчитываются в зависимости от типа здания и места монтажа по DIN 1055, часть 4. Ширина зон не должна составлять менее 1 м. Данный расчет также является частью программы расчета.

**Примечание**

В краевых зонах действуют особые условия (не поддающиеся расчету турбулентности). Монтаж коллектора в этих зонах рискован, а потому нежелателен.

Рис. В.1.6-20 Угловая и краевая зоны



Угловая и краевая зоны крыши не подходят для монтажа коллекторов.



**В.1.6.4 Молниезащита**

Устройство молниезащиты – добровольная операция, если нет никаких официальных предписаний. В зависимости от расположения здания, его высоты и предназначения, власти могут установить уровень опасности, из которого вытекает соответствующий класс молниезащиты. Он имеет решающее значение для определения необходимости и исполнения молниезащиты.

Для коллекторов и других элементов солнечных систем действуют те же правила, что и для всех частей зданий и установок, подвергающихся опасности попадания молнии. При монтаже гелиоустановок для теплоснабжения необходимо учитывать соответствующие распоряжения и технические нормы для обеспечения молниезащиты. Это касается защиты от опасности прямого попадания молнии (наружная молниезащита) и защиты от индуцированного перенапряжения (внутренняя молниезащита).

**а. Наружная молниезащита**

Если устройство молниезащиты имеется в наличии, то солнечные коллекторы и их крепление могут быть подключены к нему. При этом появляется необходимость проверить техническое состояние устройства молниезащиты. Старые устройства молниезащиты, которые устарели или уже не соответствуют стандартам, следует модернизировать после подключения к ним коллектора.

Если есть существующая система молниезащиты, то солнечные коллекторы



При монтаже коллекторов необходимо соблюдать безопасное расстояние до молниеотвода.

и их крепление могут быть подключены к ней. При этом необходимо проверить техническое состояние устройства молниезащиты.

**Молниезащита на наклонных крышах**

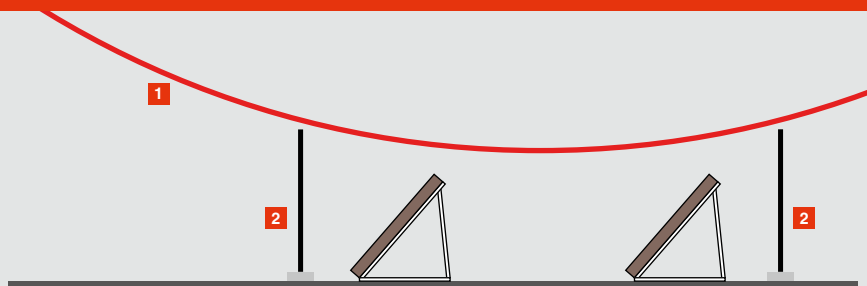
Гелиоустановка на скатной крыше здания должна быть интегрирована в систему молниезащиты таким образом, чтобы предотвратить прямое попадание молнии в коллекторы. По всему периметру следует соблюдать безопасное расстояние около 0,5 м от гелиополя до отводящих элементов молниеотвода. Точный расчет разделительного расстояния см. в DIN 62305, часть 3.

**Молниезащита на плоских крышах**

Если коллекторы установлены вертикально на плоской крыше здания с молниеотводом, то мачты молниеотвода должны быть выше верхнего края коллектора.

Рис. В.1.6-22 Метод сферы

Класс молниезащиты	Радиус сферы
I	20 м
II	30 м
III	45 м
IV	60 м



1 Сфера (радиус соответствует классу молниезащиты) 2 Мачта молниезащиты



При монтаже коллекторов на крышах необходимо предусматривать их молниезащиту. Для установки или модернизации системы молниезащиты требуются соответствующие специалисты.

Для проверки можно прибегнуть к «методу сферы». Воображаемая сфера должна проходить над защищаемой установкой. При этом поверхность сферы может касаться только мачт молниеприемников. Радиус сферы определяется классом молниезащиты.

#### **Здание без молниезащиты**

Монтаж гелиополя на скатной крыше не увеличивает риск прямого попадания молнии.

Несколько другая ситуация наблюдается при монтаже на плоской крыше. Здесь коллекторы часто являются самой высокой точкой здания и поэтому представляют собой потенциальное место для удара молнии. Для таких солнечных систем необходимо предпринимать защитные меры.

Достаточную защиту обеспечивает заземление металлических компонентов (с учетом разделительного расстояния до других строительных конструкций), которые соединяются с любыми другими заземляющими устройствами.

Для оценки риска попадания молнии используется DIN EN 62305, часть 2. Быстро сориентироваться в том, какие меры необходимо предпринять, поможет обзор на рисунке В.1.6-23.

#### **b. Внутренняя молниезащита**

Внутренняя молниезащита предотвращает повреждения из-за пробоя электропроводки при прямом попадании молнии.

В зданиях и коллекторах без внешней молниезащиты подающий и обратный трубопроводы солнечной системы должны быть интегрированы в основную систему заземления.

Если коллектор установлен на здании с внешней молниезащитой и между компонентами коллектора и молниеотводом существует достаточное расстояние, этого достаточно для защиты системы.

В случае гелиополя с отдельной системой заземления (на плоской крыше без молниезащиты) рекомендуется соединение циркуляционных трубопроводов с основным заземлением с помощью медного кабеля с сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>.

Внутренняя молниезащита очень важна при наличии опасности повреждения компонентов установки вследствие близкого удара молнии, при этом она уменьшает опасность перенапряжения из-за возникновения в здании электромагнитных импульсов и защищает компоненты установки. В качестве защиты от скачков напряжения используются так называемые молниезащитные розетки.

#### **Примечание**

Широко распространено заблуждение, что отказ от выравнивания потенциалов ведет к снижению риска попадания молнии в незаземленный коллектор!

### В.1.7 Коллекторы как элементы архитектурного дизайна

Плоские и трубчатые коллекторы предлагают разнообразные варианты эстетического оформления зданий. Обладая высокой функциональностью, эти системы предоставили современной архитектуре интересные возможности.

Трубчатые вакуумированные коллекторы Viessmann не только эстетично выглядят на здании, они могут использоваться как конструктивные элементы здания.

В «Городе будущего» в шведском городе Мальмё реализовано представление об идеальном экологическом городе. Жилой 500-квартирный дом снабжается энергией исключительно от возобновляемых источников. Вакуумированные трубчатые коллекторы Viessmann придали фасаду дома авангардистский стиль и продемонстрировали перспективную интеграцию гелиотехники в архитектуру.



Рис. В.1.7-1 Фасад здания с коллекторами Viessmann в «Городе будущего».



Рис. В.1.7-2 Использование коллекторов для затенения

Коллекторы Viessmann могут быть использованы в качестве архитектурных элементов с различным назначением. Коллекторы не только поглощают солнечную энергию, но и одновременно являются элементом затенения, примером может служить школа в Альбштедте.

Корпус и другие элементы конструкции коллекторов Viessmann могут быть окрашены в любой из цветов RAL, что обеспечивает гармоничный переход между коллектором и крышей.

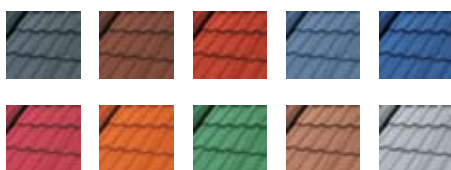


Рис. В.1.7-3 Коллектор как подобранный по цвету элемент крыши.

Существует множество примеров использования коллекторов в качестве элементов дизайна. Они демонстрируют, что солнечные системы – это нечто большее, чем «просто» коллекторы. Они многофункциональны, и четко видно, что вклад в защиту окружающей среды и климата может быть эстетически привлекательным. Это хорошая аргументация для инвестиций в солнечные системы.



Рис. В.1.7-4 Коллектор как элемент дизайна здания Гелиотропа во Фрайбурге (Германия).



### Емкостные водонагреватели

**Задачей емкостного водонагревателя солнечной системы является регулирование колебаний и неравномерности между приходом солнечного излучения и потреблением выработанного тепла**



Рис. В.2-1 Vitocell 100-U со встроенным насосным узлом Solar-Divicon.

В предшествующих разделах были описаны основы преобразования солнечного излучения, конструкции и принцип работы солнечных коллекторов. При этом становится ясно, что потребность в тепловой энергии и энергия, произведенная солнечными системами, не совпадают не только по количеству, а и по временным характеристикам — в отличие от установок с традиционными теплогенераторами, в работе которых тепловая энергия может быть предоставлена в соответствии с потреблением. По этой причине в солнечных системах теплоснабжения особое значение имеют емкостные водонагреватели, то есть баки-аккумуляторы.

В данной главе будут рассмотрены основы использования баков-аккумуляторов, описаны различные типы емкостных водонагревателей и варианты их зарядки. Указания по подбору их емкости приведены в главе С.2.

### В.2.1 Для чего необходимо аккумулировать теплоту?

Квадратный метр площади коллектора имеет определенную максимальную производительность. Можно рассчитать и вероятную ожидаемую производительность коллектора за произвольный период времени (в кВт·ч за единицу времени). При этом чем длиннее рассматриваемый период времени, тем точнее прогнозируемая производительность и наоборот – чем короче период времени, тем менее точен прогноз.

Таким образом, зная годовое суммарное солнечное излучение, можно рассчитать годовую производительность коллектора с относительно небольшими отклонениями. Однако совершенно невозможно сделать такой прогноз на отдельные дни или часы. В этом и состоит отличие такого генератора теплоты, как солнечный коллектор, от отопительного котла.

Для работы солнечной системы характерны две особенности, которые определяют требования к аккумуляции теплоты:

- во-первых, в солнечные дни время работы солнечной системы относительно большое, то есть коллектор вырабатывает тепло в течение длительного периода времени. Таким образом, для получения желаемого количества энергии мощность гелиополя должна быть меньше, чем, например, мощность котельной, которая вырабатывает требуемое количество теплоты за малый период времени;
- во-вторых, время выработки и потребления теплоты редко совпадают. Выработка теплоты традиционной теплогенерирующей установкой регулируется в соответствии с потребностями, а выработка теплоты солнечной системой зависит исключительно от наличия солнечного излучения.

Эти особенности четко демонстрируют, что для хорошей работы солнечной системы необходим бак-аккумулятор достаточного объема, обеспечивающий надежное хранение теплоты, полученной из солнечной энергии.

Рис. В.2.1-1 График теплопотребления и производительности солнечной системы по часам суток

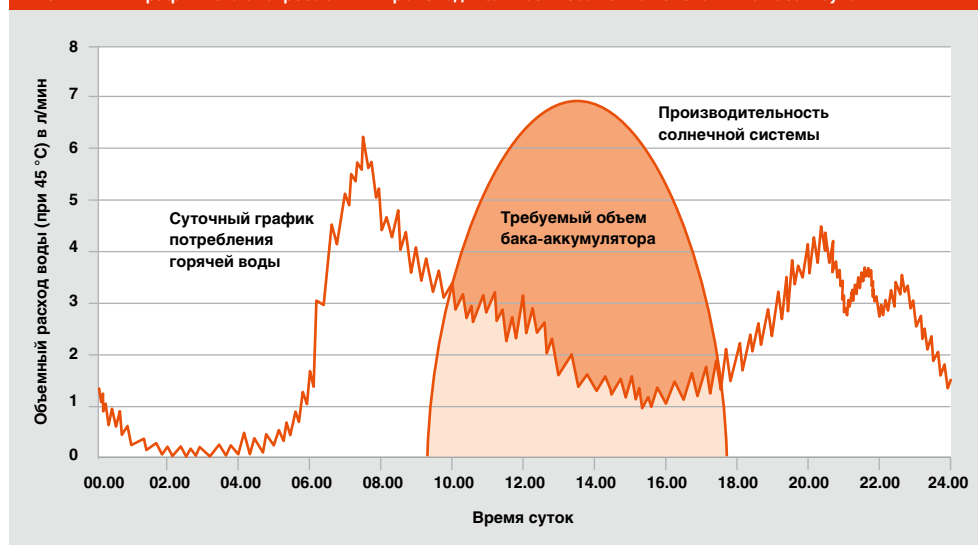


График отображает суточное теплопотребление многоквартирного дома. Однако производство тепловой энергии солнечной системой не соответствует этому потреблению, а зависит от наличия солнечного излучения.



## В.2 Емкостные водонагреватели

### В.2.2 Основы аккумулирования теплоты

#### В.2.2.1 Теплоноситель для аккумулирования теплоты

Как правило, для аккумулирования теплоты используется вода. Это недорогой, доступный и технически легко управляемый теплоноситель (аккумулирование, нагревание, наполнение и слив). Кроме того, вода имеет достаточно высокую теплоемкость  $c_w = 4,187$  кДж/(кг·К). В отопительной технике используется значение  $c_w = 1,163$  кДж/(кг·К). Для аккумулирования теплоты не имеет значения, идет ли речь о воде для системы отопления или горячего водоснабжения.

Наряду с кратковременным (суточным) аккумулированием солнечного тепла в обычных стандартных водонагревателях существует возможность аккумулировать тепловую энергию на длительное время. Так называемые долговременные или сезонные водонагреватели используют в качестве теплоаккумулирующего вещества воду и имеют объем в несколько тысяч литров или даже несколько тысяч кубических метров (например, бетонные аккумуляторы).

В настоящее время также исследована возможность аккумулирования теплоты при физико-химических превращениях.

Речь идет об аккумуляторах с фазовым переходом, которые для аккумулирования теплоты используют фазовый переход (из твердой фазы в жидкую и наоборот) таких материалов, как парафин или соли.

#### В.2.2.2 Энергоемкость

Решающее значение при выборе емкостного водонагревателя (бака-аккумулятора) имеет не его объем, а энергоемкость. Энергоемкость бака-аккумулятора зависит от температурного диапазона: чем он больше, тем больше энергоемкость на единицу объема бака-аккумулятора.

Для определения необходимого объема бака-аккумулятора необходимо учитывать температурный диапазон системы, потребляющей теплоту: максимальная температура ограничена термодинамическими свойствами воды. Поэтому главным параметром для определения необходимого объема бака-аккумулятора является минимально возможная температура в баке.

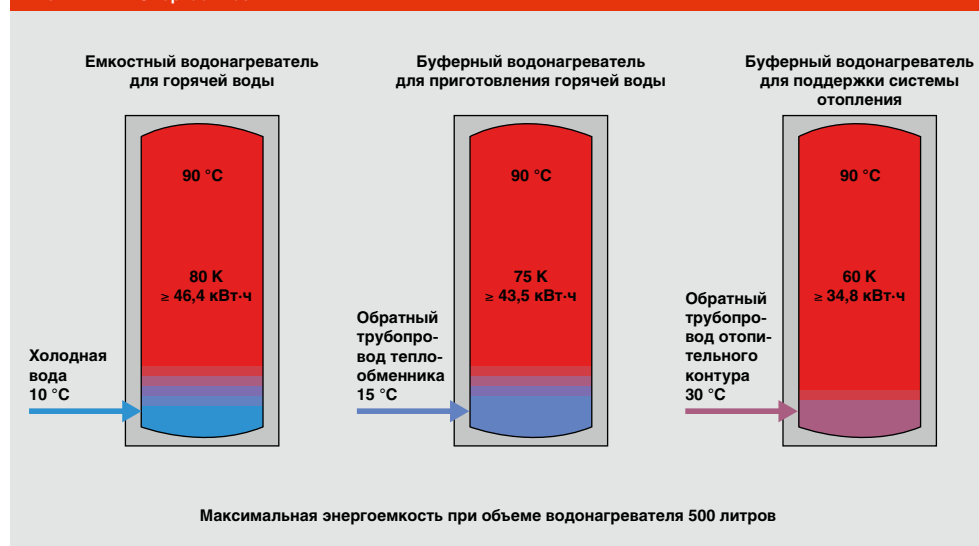
Для расчета бака-аккумулятора для системы горячего водоснабжения в качестве минимальной температуры используется средняя температура холодной воды (например, 10 °С). В буферных емкостных водонагревателях для горячего водоснабжения (модуль приготовления горячей воды) минимальная температура водонагревателя определяется температурой

#### Примечание

При использовании солнечной энергии для поддержки системы отопления и кондиционирования само здание является аккумулятором, и его теплоаккумулирующие свойства должны учитываться при проектировании.

Энергоемкость водонагревателя определяется, главным образом, минимально возможной температурой.

Рис. В.2.2-1 Энергоемкость



холодной воды и разностью температур на входе и выходе из теплообменника для нагрева воды на горячее водоснабжение. В случае использования солнечной энергии для поддержки системы отопления минимальная температура задается значением температуры в обратном трубопроводе системы отопления.

**Пример**

Коттедж для семьи из 4 человек, расход горячей воды (60 °С) на одного человека – 28 л, соответственно 112 л в сутки.

При температуре холодной воды 10 °С это соответствует количеству энергии 6,5 кВт·ч, плюс потери теплоты в баке-аккумуляторе (1,5 кВт·ч) и циркуляция в системе горячего водоснабжения (1,5 кВт·ч).

Таким образом, общее количество теплоты для системы горячего водоснабжения (ГВС) составляет 9,5 кВт·ч.

При высокой доле покрытия нагрузки на горячее водоснабжение за счет солнечной энергии необходимо аккумулировать двойное количество энергии, то есть 19 кВт·ч.

Объем бака-аккумулятора вычисляется по следующей формуле:

$$m = \frac{Q}{c_w \cdot \Delta T}, \text{ где}$$

- $m$  – объем бака-аккумулятора;
- $Q$  – количество энергии;
- $c_w$  – теплоемкость воды;
- $\Delta T$  – разность температур.

**Пример**

При температуре холодной воды 10 °С необходимый объем бака-аккумулятора на 19 кВт·ч составит при максимальной температуре

**60 °С:**  $19\,000 \text{ Вт}\cdot\text{ч} / (1,16 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \cdot 50 \text{ К}) \geq \mathbf{328 \text{ л}}$ ;

**80 °С:**  $19\,000 \text{ Вт}\cdot\text{ч} / (1,16 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \cdot 70 \text{ К}) \geq \mathbf{234 \text{ л}}$ ;

**90 °С:**  $19\,000 \text{ Вт}\cdot\text{ч} / (1,16 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/(\text{кг}\cdot\text{К}) \cdot 80 \text{ К}) \geq \mathbf{205 \text{ л}}$ .

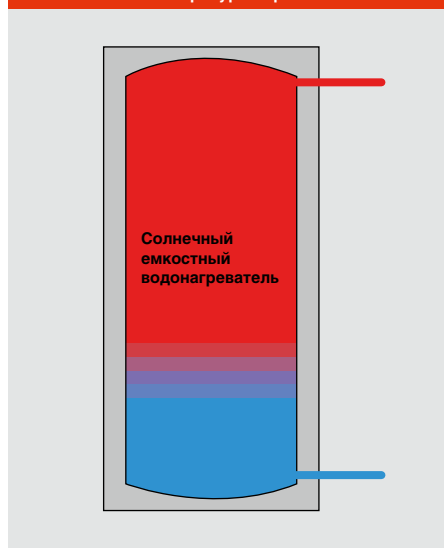
Энергоемкость водонагревателя (см. рис. В.2.2-1) можно определить по той же формуле:

$$Q = m \cdot c_w \cdot \Delta T.$$

**В.2.2.3 Температурное расслоение**

Независимо от объема, емкостный водонагреватель солнечной системы принципиально выполняется в виде вертикального цилиндра удлиненной формы – именно так, вследствие разной плотности теплой и холодной воды, можно получить хорошее температурное расслоение. При этом более легкая теплая вода «плавает» на более тяжелой холодной воде. Поскольку это не приводит к возникновению турбулентности, такое расслоение является достаточно стабильным.

**Рис. В.2.2-4 Температурное расслоение**



За исключением разделительного слоя высотой несколько сантиметров, температурные слои не смешиваются и остаются достаточно стабильными.

Максимально холодный нижний слой водонагревателя позволяет гелиоконтуре работать с более низкой температурой обратного трубопровода, что в свою очередь обеспечивает высокий КПД солнечной системы. Поэтому температурные слои в водонагревателе необходимо защитить от турбулентности.

**Примечание**

Циркуляция горячей воды через емкостный водонагреватель приводит к перемешиванию воды в баке.

Кроме объемного расхода и времени работы циркуляционного насоса, необходимо также учесть подключение обратного циркуляционного трубопровода: он не должен подключаться к зоне слоя холодной воды, иначе весь объем водонагревателя будет перемешиваться циркуляционным насосом.

### В.2.2.4 Тепловые потери

При определении объема водонагревателя для солнечных систем теплоснабжения необходимо учитывать теплотери водонагревателя. Водонагреватели больших объемов могут аккумулировать больше энергии, но и теплотери у них больше (и кроме того, их стоимость выше). Однако при увеличении объема водонагревателя снижаются удельные теплотери, но абсолютные теплотери растут.

Принципиально одно: большой водонагреватель выгоднее нескольких небольших. Теплотери большого водонагревателя заметно меньше в сравнении с несколькими небольшими вследствие лучшего соотношения площади поверхности и объема. Конечно, при выборе водонагревателя необходимо также учитывать установочные размеры, такие как ширина дверных проемов и высота помещений. Кроме того, количество водонагревателей определяется выбранной схемой подключения к системе.

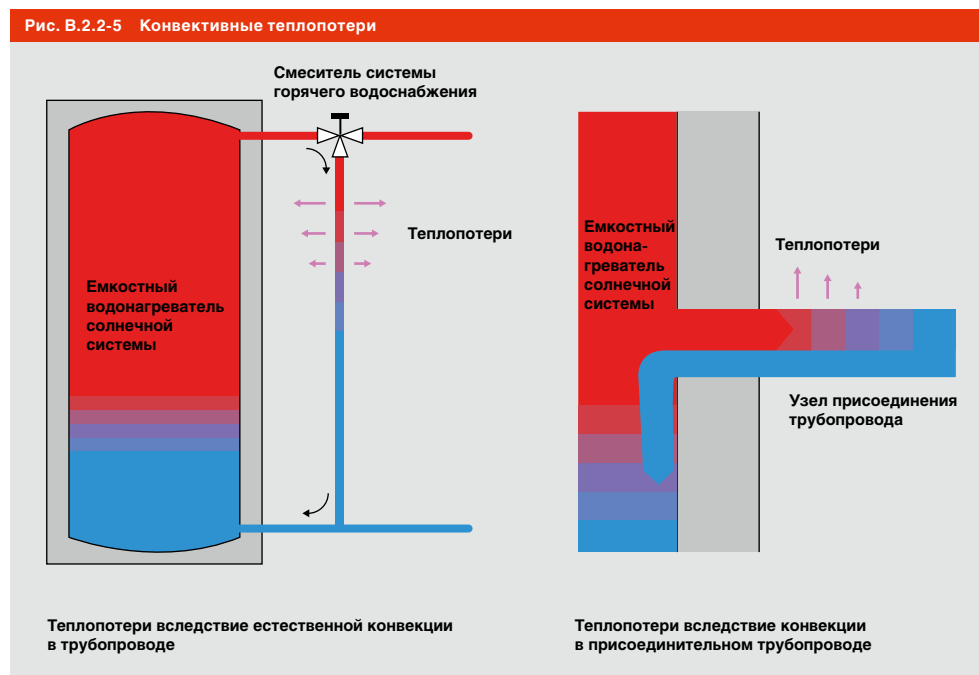
В зависимости от размера, качественно теплоизолированный водонагреватель для солнечных систем горячего водоснабжения имеет теплотери от 1,5 до 3 кВт·ч в день при условии, что водонагреватель и его соединения выполнены в соответ-

ствии с требованиями. При недостаточно качественной тепловой изоляции потери теплоты могут заметно возрасти.

Тепловые потери возникают в присоединительных трубопроводах к емкостному водонагревателю. Этих конвективных теплотер можно избежать путем подсоединения присоединительных трубопроводов с помощью термосифонного устройства или установки обратного клапана.

Особо критичными являются недостаточно качественно изолированные соединения водонагревателя – тепловые потери могут легко увеличиться в два раза. В водонагревателе объемом 300 л, например, в течение одного года можно потерять  $4 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{в день} \cdot 365 \text{ дней} = 1460 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ . Если половину этих потерь считать неизбежными, то только предотвратимые теплотери при доле солнечной энергии 50 процентов приведут к дополнительной потребности в  $1 \text{ м}^2$  площади коллектора и дополнительному расходу не менее 50 литров жидкого топлива или соответствующего количества другого топлива.

Разность плотностей воды в водонагревателе может привести к нежелательным тепловым потерям вследствие конвекции. При этом в соединительных трубопроводах возникают дополнительные теплотери из водонагревателя.



### **V.2.2.5 Материалы, применяемые для изготовления емкостных водонагревателей**

Емкостный водонагреватель для систем горячего водоснабжения изготавливают из нержавеющей или эмалированной стали. Поскольку даже при самом тщательном изготовлении нельзя полностью исключить дефекты эмалевого покрытия, в таких водонагревателях требуется дополнительная антикоррозионная защита. Эту функцию выполняют аноды активной защиты либо магниевые аноды пассивной защиты.

Емкостные водонагреватели для систем горячего водоснабжения из нержавеющей стали, как правило, не требуют дополнительной антикоррозионной защиты. Кроме того, они имеют дополнительное преимущество: меньший вес.

Буферный водонагреватель системы отопления не контактирует с насыщенной кислородом питьевой водой, а только с водой отопительного контура. Поэтому стальной водонагреватель может использоваться без всякой антикоррозионной защиты. Поскольку рабочее давление в нем также невысокое (отопительный контур, а не система водоснабжения), такой водонагреватель более привлекателен по цене по сравнению с емкостными водонагревателями системы горячего водоснабжения.

Следует упомянуть также буферные водонагреватели из пластмассы. Этот материал, конечно, легкий и недорогой, но может работать только с низкими максимальными температурами. Кроме того, эти водонагреватели могут работать только в безнапорном режиме, вследствие чего необходим дополнительный теплообменник для их подключения.

Емкости для жидкого топлива не подходят в качестве экономичного решения для аккумулирования горячей воды даже если они имеют большой объем – несколько тысяч литров:

- крайне неблагоприятное соотношение между площадью поверхности и объемом и сложно монтируемая изоляция приводят к большим теплотерям. Поэтому летом резервуар становится нежелательным источником теплотерь;
- врезка подключений будет дорогостоящей;
- обработка (резка, шлифовка, сварка) возможна только с применением азота;
- такие емкости могут работать только в безнапорном режиме.

## В.2 Емкостные водонагреватели



Рис. В.2.3-1 Водонагреватели Viessmann для систем ГВС с использованием солнечной энергии отличаются удлиненной цилиндрической формой, выполнены из нержавеющей или эмалированной стали, устойчивы к коррозии и используют высокоэффективную тепловую изоляцию, не содержащую фторхлоруглероды.

### В.2.3 Типы емкостных водонагревателей

#### В.2.3.1 Емкостные водонагреватели с встроенным теплообменником

##### а. Теплоаккумулирующая среда – водопроводная питьевая вода

Питьевая водопроводная вода в качестве теплоаккумулирующего вещества может использоваться в солнечных системах горячего водоснабжения. Использование таких емкостных водонагревателей для других целей, например, для покрытия нагрузки на отопление, нецелесообразно. Как правило, емкостные водонагреватели для систем ГВС рассчитаны на давление до 10 бар.

##### Моновалентный емкостный водонагреватель

В случае если к существующей отопительной установке с емкостным водонагревателем воды на ГВС присоединяется солнечная система, то для использования существующего емкостного водонагревателя перед ним подключают второй моно-

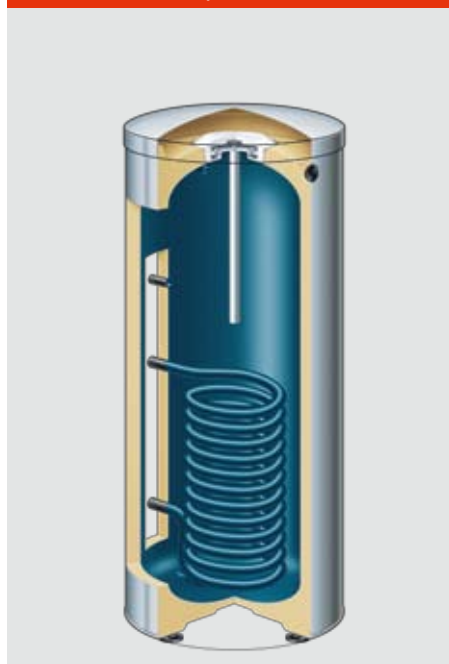
валентный водонагреватель. Большие (даже устанавливаемые в новом доме) установки для горячего водоснабжения могут выполняться с двумя моновалентными емкостными водонагревателями. Нагрев воды осуществляется через спиральный теплообменник, расположенный в нижней части бака.

##### Бивалентный емкостный водонагреватель

При новом строительстве или при встраивании солнечной системы горячего водоснабжения в совершенно новую систему теплоснабжения для небольших солнечных систем предпочтительным вариантом является использование бивалентного емкостного водонагревателя для подключения системы горячего водоснабжения.

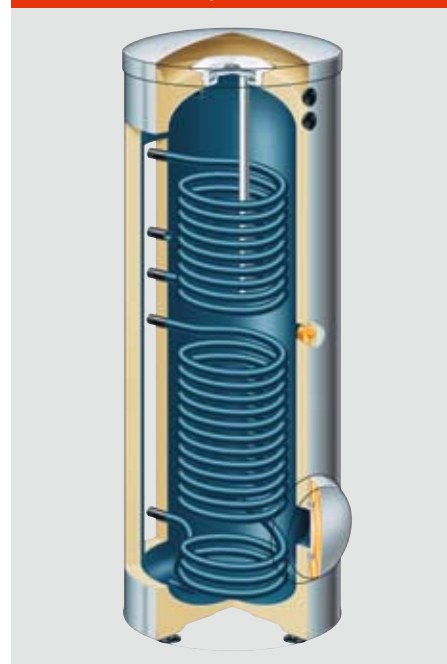
Бивалентный водонагреватель оснащен двумя теплообменниками: нижний – для подключения к гелиоконтуре для нагрева воды с помощью солнечной энергии, а верхний – для дополнительного подогрева воды отопительным котлом в случае необходимости.

Рис. В.2.3-2 Моновалентный емкостный водонагреватель системы ГВС



Моновалентный емкостный водонагреватель Vitocell 100-V

Рис. В.2.3-3 Бивалентный емкостный водонагреватель системы ГВС



Бивалентный емкостный водонагреватель Vitocell 100-B

При использовании бивалентных емкостных водонагревателей для присоединения солнечных систем горячего водоснабжения следует учитывать, что зоны водонагревателя, нагреваемые исключительно солнечной энергией, должны проходить термическую дезинфекцию в соответствии с гигиеническими предписаниями для питьевой воды.

**b. Теплоаккумулирующая среда – вода для системы отопления**

Если теплоаккумулирующей средой водонагревателя является вода для системы отопления, используются буферные емкости или комбинированные емкостные водонагреватели. Они в первую очередь применяются в установках, в которых солнечное тепло используется для горячего водоснабжения и покрытия части нагрузки на отопление (поддержки отопления).

В больших солнечных системах горячего водоснабжения и поддержки отопления в качестве теплоаккумулирующей среды в

емкостном водонагревателе используется вода из системы отопления. В этом случае отпадает необходимость термической дезинфекции водонагревателя.

Емкостные водонагреватели должны выдерживать давление в отопительном контуре. Поскольку речь идет о закрытых контурах, антикоррозионная защита водонагревателя не требуется.

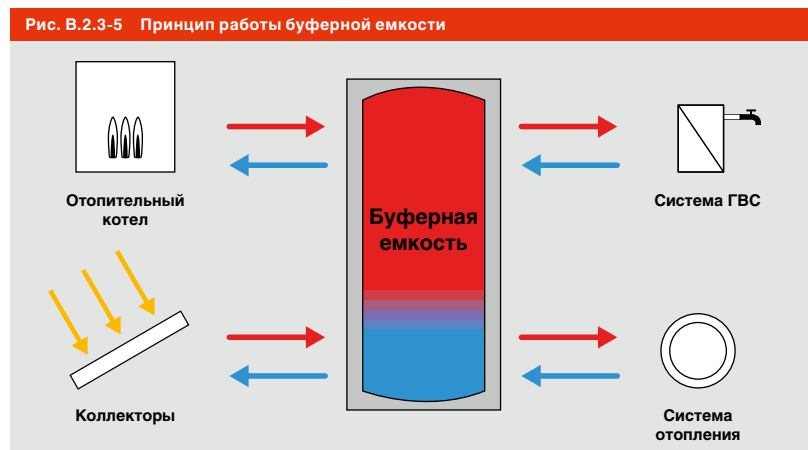
**Буферные емкости**

При применении буферных емкостей для аккумуляции теплоносителя отопительного контура теплота, полученная от солнечной установки, может расходоваться напрямую в отопительном контуре или использоваться в отдельной системе для нагрева воды на горячее водоснабжение.

К буферной емкости можно также подключить дополнительный генератор теплоты, например, котел, работающий на твердом топливе. При использовании буферной емкости можно оптимально «управлять» тепловыми потоками в мультивалентных установках.



Буферная емкость для системы отопления Vitocell 140-E с встроенным теплообменником для подключения солнечного коллектора.



Буферная емкость, как своеобразный менеджер, позволяет интегрировать различные генераторы и потребители теплоты.



## В.2 Емкостные водонагреватели

### **Комбинированный емкостной водонагреватель**

Комбинированный емкостной водонагреватель представляет собой комбинацию буферной емкости для отопления и емкостного водонагревателя для горячего водоснабжения. Он подходит также для подключения нескольких генераторов теплоты. Отбор теплоты для горячего водоснабжения происходит с помощью встроенного теплообменника (в буферных емкостных водонагревателях Vitocell 340-M и 360-M – с помощью встроенного теплообменника из нержавеющей стали), в котором нагревается холодная вода.

### **В.2.3.2 Буферная емкость с внешним теплообменником**

При подборе буферной емкости с внешним теплообменником определяется не только ее объем, но и мощность внешнего пластинчатого теплообменника (см. главу В.2.5.2). Варианты применения, а также требования к антикоррозионной защите и давлению соответствуют емкостным водонагревателям с встроенным теплообменником.

Рис. В.2.3-6  
Комбинированный емкостной водонагреватель



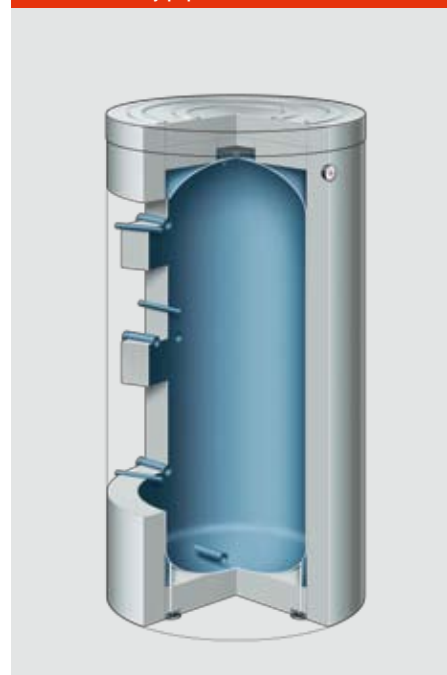
Мультивалентный буферный водонагреватель воды для отопления со встроенным подогревом воды на ГВС Vitocell 340-M

Рис. В.2.3-7 Буферная емкость для системы ГВС



Буферная емкость Vitocell 100-L

Рис. В.2.3-8 Буферная емкость



Буферная емкость для теплоносителя системы отопления Vitocell 100-E

## В.2.4 Зарядка емкостного водонагревателя

### В.2.4.1 Послойная зарядка

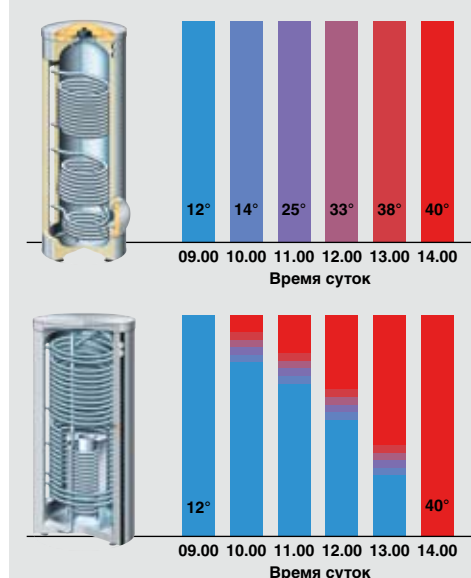
При использовании принципа послойной зарядки вода, нагретая в солнечном коллекторе, распределяется по слоям, каждый из которых имеет определенную температуру. При этом смешение с более холодными слоями не происходит. Для послойной зарядки подходят как встроенные, так и внешние теплообменники.

#### Принцип послойной зарядки

При зарядке емкостного водонагревателя со встроенным теплообменником без использования послойного принципа одновременно нагревается весь объем жидкости. Для достижения требуемой температуры коллектор должен работать продолжительное время. Если потребность в теплоте возникает до достижения требуемой температуры воды, то необходим дополнительный нагрев с помощью теплогенератора.

Используя принцип послойной зарядки, можно снизить расход теплоты на дополнительный нагрев, для чего вода, нагретая в солнечном коллекторе, подается в слой соответствующей температурой, при этом необходимо избежать перемешивания слоев. Таким образом можно раньше обеспечить подачу теплоты потребителю, не используя дополнительный догрев.

Рис. В.2.4-1 Принцип послойной зарядки



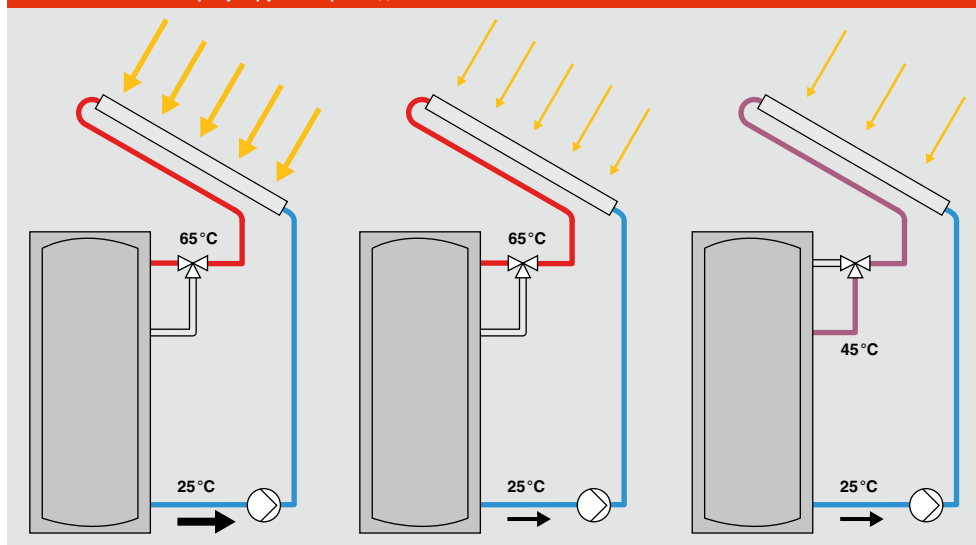
- В обычном бивалентном емкостном водонагревателе коллектор постоянно нагревает весь объем водонагревателя. При достижении заданной температуры нагретым оказывается весь объем.
- При послойной зарядке заданная температура в верхней части емкостного водонагревателя достигается раньше. Весь объем достигает заданной температуры за тот же период времени, что и в водонагревателе без использования послойной зарядки.

Преимуществом послойной зарядки является более быстрое достижение заданной температуры в верхней части емкостного водонагревателя.

## В.2 Емкостные водонагреватели

В зависимости от интенсивности излучения, гелиоконтур работает с большим или меньшим расходом теплоносителя. Так выполняется послойная зарядка емкостного водонагревателя. Если интенсивность солнечного излучения недостаточна, то выполняется зарядка более низких слоев.

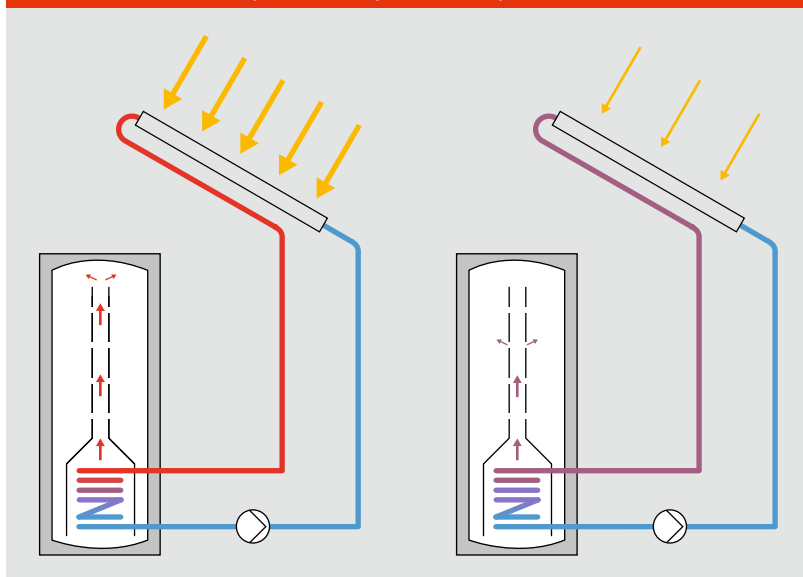
Рис. В.2.4-2 Режим регулируемого расхода теплоносителя



Для послойной зарядки гелиоконтур работает с большим значением разности температур, то есть объемный расход теплоносителя снижается по сравнению с обычной зарядкой водонагревателя. При этом средняя температура коллектора увеличивается и, как следствие, коэффициент полезного действия коллектора уменьшается. Поэтому вакуумированные трубчатые коллекторы благодаря их небольшим тепловым потерям более подходят для послойной зарядки, чем плоские коллекторы – это, в частности, касается солнечных систем для поддержки отопления.

Объемный расход теплоносителя в гелиоконтуре отрегулирован для послойного наполнения таким образом, чтобы на выходе из коллектора (в подающем трубопроводе) постоянно поддерживалась заданная температура, то есть рабочая температура плюс разность температур теплообменника. Если солнечного излучения для этого недостаточно, то выполняется зарядка более низких слоев или заряжается другой емкостный водонагреватель. Таким образом, в зависимости от интенсивности солнечного излучения и уже достигнутого уровня температуры регулируется расход теплоносителя в гелиоконтуре.

Рис. В.2.4-3 Послойная зарядка водонагревателя с встроенным теплообменником

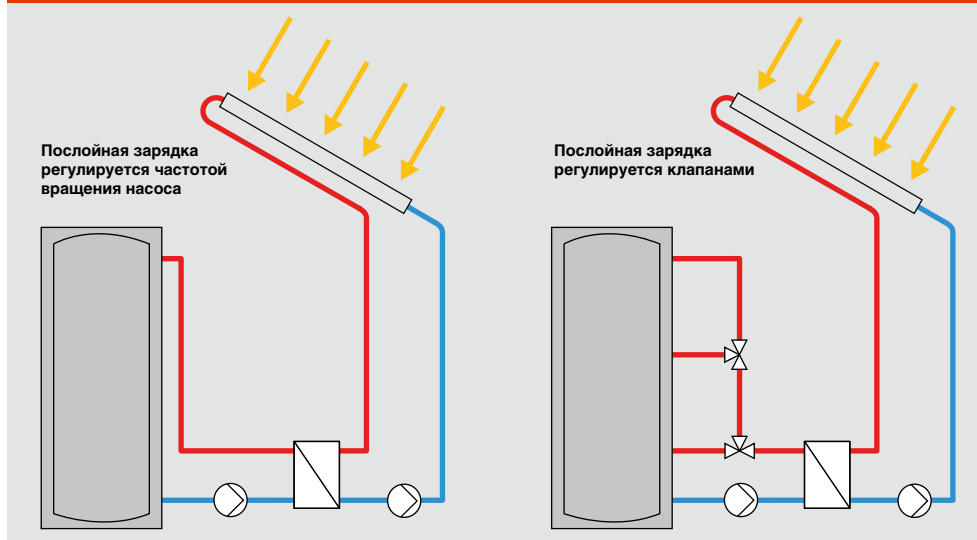


### Техническая реализация

Емкостные водонагреватели с встроенными теплообменниками оснащаются специальными перфорированными каналами, по которым нагретая вода может, не перемешиваясь, подниматься в верхнюю часть водонагревателя, откуда осуществляется водоразбор. Если на выходе из коллектора заданная температура не достигается, менее нагретая вода поднимается в более низкий слой с температурой, которая соответствует ее плотности.

При послойной зарядке водонагревателя с перфорированным каналом вода, нагретая в солнечном коллекторе, поднимается по каналу до слоя с такой же температурой.

Рис. В.2.4-4 Послойная зарядка водонагревателя с внешним теплообменником



При послойной зарядке с внешним теплообменником теплоноситель подается в верхние слои емкостного водонагревателя до тех пор, пока гелиоконтур обеспечивает заданную температуру. Если заданная температура не достигается, то теплоноситель перераспределяется через клапаны в более низкие и менее нагретые слои, либо насос отключается.

### Оценка

Благоприятные условия для послойной зарядки емкостного водонагревателя обеспечивают системы теплоснабжения с достаточно высокой разностью температур, как, например, солнечные системы горячего водоснабжения. Потенциальное преимущество послойной зарядки (экономия энергии на дополнительный нагрев) ощущается в солнечных системах с высокой долей замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии (более 50 процентов), особенно с водоразбором на горячее водоснабжение в летнее время в первой половине дня.

При нагрузке с пиками водопотребления в утренние и вечерние часы солнечные системы в летнее время имеют в течение дня достаточно времени для нагрева бака-аккумулятора даже без послойной зарядки. Поэтому послойная зарядка в этом случае выгодна только в переходный период (осень/весна).

В обоих случаях послойная зарядка имеет преимущество только тогда, когда дополнительный догрев с помощью теплогенератора регулируется в соответствии с потребностью.

Большие солнечные системы для горячего водоснабжения, рассчитанные, в соответствии с VDI 6002, часть 1, на высокую производительность и низкую долю замещения нагрузки за счет солнечной энергии, практически не достигают уровня рабочей температуры. Используемые при этом большие емкостные водонагреватели, как правило, имеют внешний теплообменник, и, поскольку в такой установке температура горячей воды не задается, послойная зарядка здесь не целесообразна.

В солнечных системах с поддержкой системы отопления, особенно в высокотемпературных системах отопления (радиаторы), послойная зарядка имеет смысл.

Для достижения заданной температуры в емкостном водонагревателе используется либо изменение расхода теплоносителя путем регулирования частоты вращения насоса в зависимости от интенсивности солнечного излучения, либо зарядка водонагревателя регулируется клапанами при постоянном расходе теплоносителя.

## В.2 Емкостные водонагреватели

### В.2.4.2 Солнечные системы с естественной циркуляцией

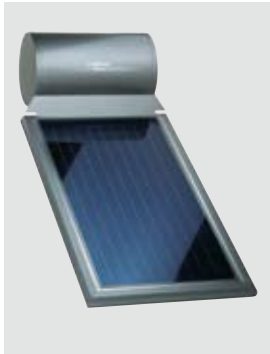


Рис. В.2.4-5 Солнечные системы с естественной циркуляцией Viessmann не используются в Центральной Европе.

#### Естественная циркуляция

В солнечных системах с естественной циркуляцией движение теплоносителя между коллектором и аккумулятором осуществляется за счет разности плотностей нагретой и холодной жидкости. Для этого коллектор (генератор теплоты) должен быть расположен ниже бака-аккумулятора (потребитель теплоты).

Теплоноситель нагревается в коллекторе солнечным излучением. Нагретая жидкость в солнечном коллекторе легче холодной жидкости, находящейся в баке-аккумуляторе, поэтому более легкая теплая жидкость поднимается в бак-аккумулятор, расположенный выше коллектора, создавая естественную циркуляцию.

В емкостном водонагревателе теплая жидкость передает теплоту накопленной воде, а затем снова опускается в более низкую точку гелиоконтура. Так возникает циркуляция. Эта циркуляция прекращается, когда разность температур/плотностей между коллектором и водонагревателем настолько мала, что ее недостаточно для преодоления сопротивления в гелиоконтуре.

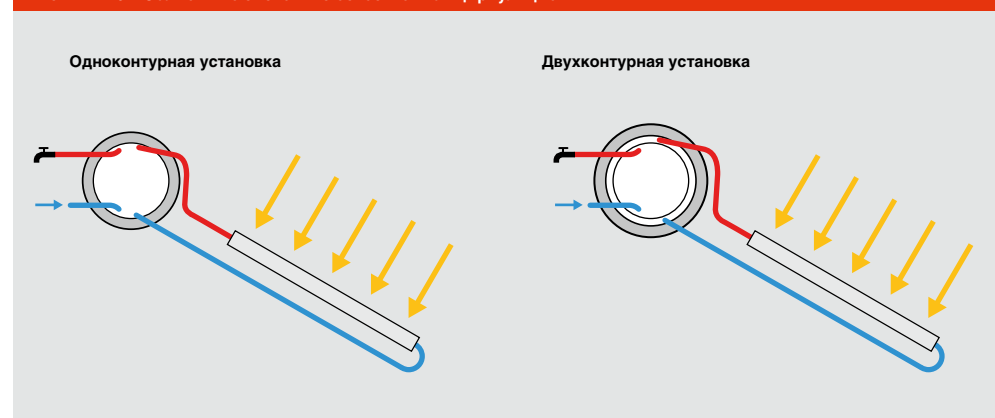
Вода с температурой 20 °С имеет удельный вес 0,998 кг/л, а теплая вода с температурой 50 °С – 0,988 кг/л – разность удельного веса составляет, таким образом, около 10 граммов на литр (= 1%). То есть движущая сила при такой циркуляции очень мала по сравнению с насосными системами.

Характерными особенностями солнечных систем с естественной циркуляцией являются:

- малая скорость теплоносителя;
- в абсорбере отсутствуют турбулентные потоки;
- потеря давления в гелиоконтуре должна быть очень малой (небольшая длина, большой диаметр);
- в ночное время необходимо предотвращать опрокидывание циркуляции.

Одноконтурные системы применяются только в регионах с гарантированным отсутствием морозов. В двухконтурных системах в качестве теплообменника используются емкостные водонагреватели с двойным корпусом.

Рис. В.2.4-6 Солнечные системы с естественной циркуляцией



### Одноконтурные и двухконтурные установки

Различают одно- и двухконтурные установки с естественной циркуляцией. В одноконтурных установках вода для системы горячего водоснабжения нагревается непосредственно в коллекторе. В двухконтурных установках теплоноситель в гелиоконтуре и вода в водонагревателе разделены теплообменником.

Одноконтурные установки используются исключительно в регионах, где отсутствует угроза замерзания, поскольку вода в коллекторе может замерзнуть и разрушить коллектор даже при небольших отрицательных температурах. Кроме того, все компоненты установки должны быть коррозионноустойчивыми, поскольку вода в системе горячего водоснабжения содержит кислород. Преимуществом такой системы, прежде всего, является простая, компактная конструкция и умеренная цена.

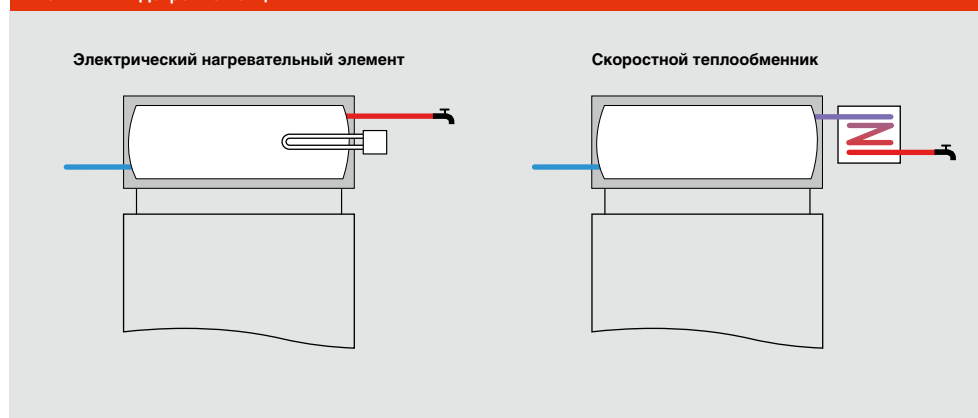
В регионах с холодным климатом используют двухконтурные установки. При этом гелиоконтур заполняют антифризом. Для передачи теплоты используют, чаще всего, водонагреватели с двойной обечайкой. Нагретый в коллекторе теплоноситель, находясь между внутренней и внешней обечайкой водонагревателя, передает теплоту воде. Теплопередача между теплоносителем и водой происходит через внутреннюю обечайку.

Кроме гелиоконтур, защищенным от замерзания должен быть подающий трубопровод системы горячего водоснабжения. Поэтому емкостный водонагреватель либо устанавливается выше коллектора в отапливаемом помещении, либо требуется постоянная защита от замерзания путем дополнительного обогрева. Даже в соединительных трубопроводах (холодной и горячей воды) необходимо предусматривать защиту от замерзания. В противном случае, при опасности замерзания водонагреватель и подводящий трубопровод необходимо слить.

Как в одноконтурных, так и в двухконтурных установках необходимо учитывать опасность перегрева. При отсутствии термостатического регулирования теплоноситель транспортируется в водонагреватель до тех пор, пока не будет достигнута температура стагнации. В одноконтурных установках – пока не закипит вода, а в двухконтурных – теплоноситель в двойной обечайке водонагревателя.

Необходимый догрев происходит либо непосредственно в водонагревателе с помощью электрического нагревательного элемента, либо с помощью последовательно включенного проточного теплообменника. Последний вариант более предпочтителен с точки зрения экономии энергии.

Рис. В.2.4-7 Догрев как опция



Для догрева чаще используют электрический нагревательный элемент. Проточный водонагреватель более дорогостоящий, но и более экономичный с точки зрения затрат энергии.



## В.2 Емкостные водонагреватели

### В.2.5 Теплообменники

Задачей теплообменников в солнечных системах является работа с относительно малой мощностью при минимальных перепадах температур. Это обязательно учитывают при выборе теплообменника. Ошибка на этом этапе может привести к значительному снижению производительности установки. Правильно рассчитанная солнечная система должна обеспечить максимально возможное снижение температуры теплоносителя на входе в коллектор

Для расчета теплообменников в качестве расчетной мощности принимается 600 Вт на квадратный метр площади коллектора, независимо от его типа.

Разность температур в теплообменнике между выходом из первичного контура (к коллектору) и входом во вторичный контур (от аккумулятора) – а для встроенных теплообменников между выходом к коллектору и водой в водонагревателе – должна быть минимально возможной. Чем она меньше, тем больше солнечной теплоты можно передать от коллектора в емкостный водонагреватель.

#### Примечание

В солнечной энергетике исходят, прежде всего, из того, что коллектор должен максимально охлаждаться. Это значит, что от него нужно отводить максимальное количество теплоты.

#### В.2.5.1 Встроенные теплообменники

При встроенных теплообменниках разность температур между подающим трубопроводом гелиоконтура и водой в емкостном водонагревателе составляет от 10 до 15 К.

В зависимости от теплообменника, отношение площади коллектора к площади теплообменника составляет от 10:1 до 15:1, то есть на каждый квадратный метр площади теплообменника можно подключить 10 – 15 квадратных метров площади коллектора.

Подключение коллекторов большей площади может привести к тому, что разность температур превысит значение 15 К.

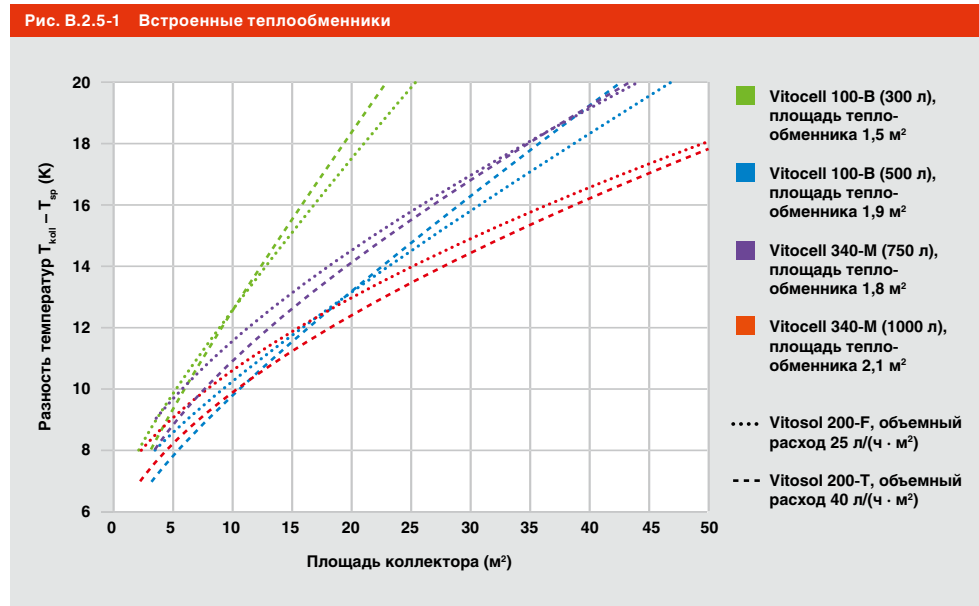
Значения разности температур для водонагревателей Viessmann приведены на рисунке В.2.5-1.

#### В.2.5.2 Внешние теплообменники

В пластинчатых теплообменниках перепад температур 5 К между обратным трубопроводом гелиоконтура и обратным трубопроводом водонагревателя считается оптимальным. Для этого при подборе необходимо отдавать предпочтение многоходовым теплообменникам.

Мощность встроенного теплообменника зависит от разности температур между температурой теплоносителя в коллекторе ( $T_{колл}$ ) и температурой воды в водонагревателе ( $T_{SP}$ ). С помощью теплообменников можно передавать теплоту даже в больших солнечных системах.

Рис. В.2.5-1 Встроенные теплообменники



### Расчет пластинчатого теплообменника

Расчет пластинчатого теплообменника в солнечной системе не зависит от выбранного типа водонагревателя и теплоаккумулирующего вещества – принципы расчета одинаковы. Не имеет значения и выбор программы для расчета: исходные параметры определяются одинаково.

#### Расход теплоносителя в первичном контуре

Расход теплоносителя в первичном контуре (от солнечного коллектора) определяется в зависимости от типа коллектора и удельного расхода: например, для плоских коллекторов – 25 л/(ч · м<sup>2</sup>)

#### Расход теплоносителя во вторичном контуре

При расчете пластинчатого теплообменника тепловой поток принимается постоянным. Для этого расход теплоносителя во вторичном контуре пластинчатого теплообменника (со стороны емкостного водонагревателя) принимается на 15 процентов меньше, чем в первичном контуре. Таким образом, учитывается несколько меньшая теплоемкость теплоносителя первичного контура (смеси гликоля) и теплоносителя вторичного контура (воды).

#### Теплоноситель

В Центральной Европе в первичном контуре, как правило, используется 40-процентный раствор пропиленгликоля, а во вторичном контуре – вода.

#### Температура

На входе во вторичный контур принимается температура 20 °С как минимальная температура в емкостном водонагревателе. Учитывая температурный перепад 5 К, значение температуры на выходе из первичного контура принимается 25 °С. Значения температур на выходе вторичного контура и входе первичного контура определяются из расчета.

#### Мощность коллектора

Независимо от типа коллектора, при стандартных условиях (стандартных температурах) принимается значение производительности коллектора 600 Вт/м<sup>2</sup>. При повышенных температурах коллектора (технологическая тепловая нагрузка) его

удельная производительность снижается до 500 Вт/м<sup>2</sup>.

#### Потери давления

Потери давления на обоих контурах ограничиваются значением 100 мбар.

Целесообразно выполнять сравнительные расчеты. Первый вариант выполняется при значении не более 100 мбар, а второй – при значении не более 150 мбар. Если таким способом получают более недорогой теплообменник, выбор можно производить с точки зрения общей потери давления в соответствующем (как правило, в первичном) контуре.

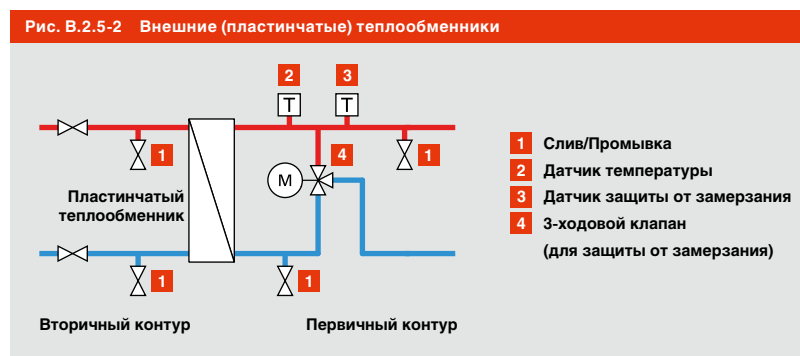
Описанных выше параметров достаточно для расчета пластинчатого теплообменника. Дополнительные указания по расчету см. в главе С.2.1.2.

#### Монтаж

При монтаже солнечных систем действуют стандартные требования для пластинчатых теплообменников. Естественно, для каждого пластинчатого теплообменника должны предусматриваться запорная арматура и дренажные вентили.

Указания для теплообменников в системах подогрева воды в плавательных бассейнах см. в главе С.2.4.

Пластинчатые теплообменники должны быть защищены от замерзания, которое может наступить из-за снижения температуры теплоносителя гелиоконтура.





## Первичный контур

Первичным контуром солнечной системы называются все компоненты и трубопроводы, соединяющие коллектор с емкостным водонагревателем

В данной главе описаны основные режимы работы солнечной системы и вытекающие рекомендации по проектированию.

Отдельные компоненты первичного контура рассматриваются подробно и во взаимодействии между собой.

### В.3.1 Циркуляция в гелиоконтуре

#### В.3.1.1 Определение расхода теплоносителя

Солнечные коллекторы могут работать с различными значениями удельного расхода теплоносителя. Расход измеряется в литрах/ч на 1 м<sup>2</sup> площади абсорбера.

Увеличение расхода теплоносителя при одинаковой производительности коллектора уменьшает разность температур в первичном контуре, а уменьшение расхода – увеличивает разность температур.

При увеличении разности температур (то есть при уменьшении расхода) средняя температура коллектора возрастает, а его КПД падает. Правда, при уменьшении расхода теплоносителя требуется меньше электроэнергии для работы насоса и можно использовать соединительные трубопроводы меньших размеров.

Различают три режима:

- **Режим минимального расхода** – режим с расходом до 30 л/(ч · м<sup>2</sup>).
- **Режим максимального расхода** – режим с расходом более 30 л/(ч · м<sup>2</sup>).
- **Режим регулируемого расхода** – режим с переменным расходом.

В различной литературе значения расходов для различных режимов могут отличаться.

#### Какой режим работы оптимален

Удельный расход должен быть таким, чтобы обеспечить надежную циркуляцию по всему гелиоконтуре. В солнечных системах с плоскими коллекторами и вакуумированными трубчатыми коллекторами с тепловыми трубами эта величина составляет 25 л/(ч · м<sup>2</sup>) при полной мощности насоса. В установках с регулятором Vitosolic оптимальный расход (в зависимости от температуры аккумулятора и уровня инсоляции) в режиме регулируемого расхода устанавливается автоматически.

Установки с одним гелиополем могут работать с 50-процентным удельным объемом расходом. Точная настройка описана в руководстве по эксплуатации на регулятор.

В прямоточных вакуумированных трубчатых коллекторах, отдельные трубки которых соединены параллельно, удельный расход теплоносителя должен составлять не менее 40 л/(ч · м<sup>2</sup>). В коллекторах такого типа режим с регулируемым расходом не рекомендуется, поскольку это нарушает равномерный расход теплоносителя через коллектор.

Увеличение расхода с целью повышения коэффициента полезного действия нецелесообразно, поскольку связанная с этим необходимость в увеличении производительности насоса не будет компенсирована.

При сложной гидравлике коллекторного поля с несколькими параллельно включенными коллекторными группами режим с регулируемым расходом требует особо точного проектирования (см. главу С.1.2).

#### Пример

В установке с семью плоскими коллекторами по 2,3 м<sup>2</sup>, то есть с площадью абсорбера 16,1 м<sup>2</sup>, и требуемым удельным расходом 25 л/(ч · м<sup>2</sup>) расход составляет 402,5 л/час или 6,7 л/мин.

Это значение должно достигаться при максимальной (то есть 100-процентной) производительности насоса.

Регулирование может осуществляться с помощью переключения ступеней производительности насоса.

Следует выбрать ступень производительности насоса, которая превышает требуемое значение расхода.

## В.3 Первичный контур

Зависимость скорости от расхода теплоносителя и диаметра трубопроводов. Рекомендуемый диапазон – от 0,4 до 0,7 м/с. При увеличении скорости возрастают потери давления, а при уменьшении затрудняется удаление воздуха.

Рис. В.3.1-1 Скорость теплоносителя

Расход (общая площадь коллектора)		Скорость теплоносителя в м/с						
		Диаметр трубопровода						
в м <sup>3</sup> /час	в л/мин	DN 10	DN 13	DN 16	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40
0,125	2,08	0,44	0,26	0,17	0,11	0,07	0,04	0,03
0,150	2,50	0,53	0,31	0,21	0,13	0,08	0,05	0,03
0,175	2,92	0,62	0,37	0,24	0,15	0,10	0,05	0,04
0,200	3,33	0,70	0,42	0,28	0,18	0,11	0,06	0,05
0,250	4,17	0,88	0,52	0,35	0,22	0,14	0,08	0,06
0,300	5,00	1,05	0,63	0,41	0,27	0,17	0,09	0,07
0,350	5,83	1,23	0,73	0,48	0,31	0,20	0,11	0,08
0,400	6,67	1,41	0,84	0,55	0,35	0,23	0,13	0,09
0,450	7,50	1,58	0,94	0,62	0,40	0,25	0,14	0,10
0,500	8,33	1,76	1,04	0,69	0,44	0,28	0,16	0,12
0,600	10,00	2,11	1,25	0,83	0,53	0,34	0,19	0,14
0,700	11,67	2,46	1,46	0,97	0,62	0,40	0,22	0,16
0,800	13,33	2,81	1,67	1,11	0,71	0,45	0,25	0,19
0,900	15,00	3,16	1,88	1,24	0,80	0,51	0,28	0,21
1,000	16,67	3,52	2,09	1,38	0,88	0,57	0,31	0,23
1,500	25,00	5,27	3,13	2,07	1,33	0,85	0,47	0,35
2,000	33,33	7,03	4,18	2,76	1,77	1,13	0,63	0,46
2,500	41,66	8,79	5,22	3,45	2,21	1,41	0,79	0,58
3,000	50,00	10,55	6,27	4,15	2,65	1,70	0,94	0,70

Рекомендуемый диаметр труб

### Определение диаметра трубопровода гелиоконтура

Решающее значение для определения диаметра трубопровода гелиоконтура имеет скорость потока при расчетном расходе теплоносителя.

Для снижения потерь давления скорость теплоносителя в трубе не должна превышать 1 м/с. Рекомендуемые значения скорости теплоносителя – от 0,4 до 0,7 м/с. При увеличении скорости возрастают потери давления, при уменьшении скорости затрудняется удаление воздуха (см. главу В.3.3).

#### Пример

Для гелиополя с семью коллекторами (расход теплоносителя 402,5 л/час или 6,7 л/мин) получаем такие значения:

- для медной трубы 15 x 1 (DN 13) – скорость 0,84 м/с;
- для медной трубы 18 x 1 (DN 16) – скорость 0,55 м/с;
- для медной трубы 22 x 1 (DN 20) – скорость 0,35 м/с.

В результате выбираем медную трубу DN 16.

### В.3.1.2 Основы расчета потерь давления

#### Потери давления в гелиоконтуре

В солнечных системах расчет потерь давления является одним из условий безотказной и экономичной (с точки зрения расхода энергии на привод насоса) работы всей установки. Расчет потерь давления в солнечных системах аналогичен расчету других гидравлических систем.

Суммарные потери давления в первичном («гликолевом») контуре солнечной системы определяются в результате сложения следующих потерь давления:

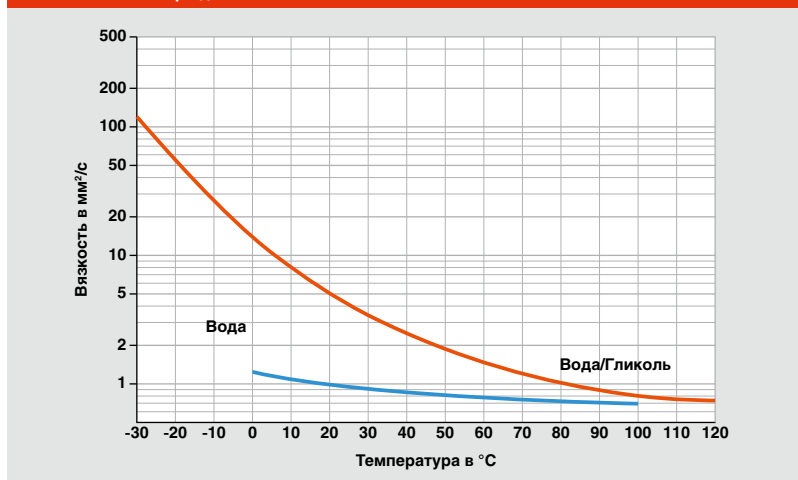
- потери давления в коллекторе;
- потери давления в трубопроводах;
- потери давления в арматуре;
- потери давления во встроенном теплообменнике емкостного водонагревателя или во внешнем пластинчатом теплообменнике.

### Рекомендации по теплоносителю

При расчете потерь давления необходимо учитывать, что вязкость теплоносителя отличается от вязкости чистой воды. Свойства теплоносителей становятся практически одинаковыми с ростом температуры.

При низких температурах, вблизи точки замерзания, высокая вязкость теплоносителя может привести к возрастанию мощности насоса на 50 процентов. Начиная с температуры 50 °С, то есть в режиме работы солнечной системы, значения вязкости отличаются незначительно.

Рис. В.3.1-2 Потери давления и вязкость

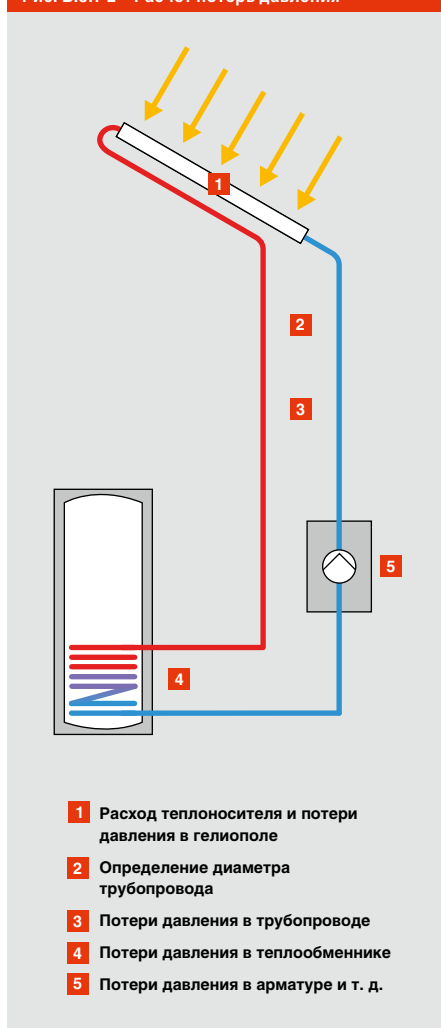


С ростом температуры уменьшается различие между значением вязкости воды и водно-гликолевых смесей.

### Последовательность расчета

1. Удельный расход теплоносителя для коллекторов определяется типом используемого коллектора и режимом работы гелиоконтура (см. выше раздел «Определение расхода теплоносителя»). Потери давления в гелиополе зависят от схемы подключения коллекторов.
2. Суммарный расход теплоносителя в первичном контуре получают умножением удельного расхода на площадь абсорбера. Приняв необходимую скорость потока от 0,4 до 0,7 м/с, определяют диаметр трубопровода.
3. После того как диаметр трубопровода определен, приступают к расчету потерь давления в трубопроводе (в мбар/м).
4. Кроме того, нужно произвести расчет внешних теплообменников, потери давления в них не должны превышать 100 мбар. Для встроенных гладкотрубных теплообменников потери давления гораздо меньше, а в установках небольшой площади (менее 20 м²) ими можно пренебречь.
5. Потери давления в других компонентах гелиоконтура определяются по технической документации и включаются в общий расчет.

Рис. В.3.1-2 Расчет потерь давления





### Потери давления в коллекторе

Для коллекторов действуют те же правила, что и для любых других компонентов гидравлической схемы:

- при последовательном подключении суммарные потери давления равны сумме потерь давления коллекторов;
- при параллельном подключении суммарные потери давления равны потерям давления в одном коллекторе.

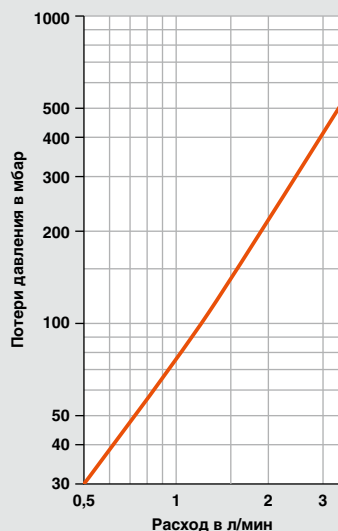
(Допускаем, что все коллекторы имеют равные потери давления).

Диаграммы потерь давления в коллекторах Vitosol см. в технической документации или на сайте [www.viessmann.com](http://www.viessmann.com).

Если коллекторы включены параллельно, то потери давления всего гелиополя равны потере давления одного коллектора. Если коллекторы включены последовательно, потери давления увеличиваются вследствие увеличения расхода теплоносителя через коллектор; при этом потери давления во всех коллекторах суммируются.

В области рекомендуемого удельного расхода  $25 \text{ л/(ч} \cdot \text{м}^2)$  потери давления в коллекторе составляют около 70 мбар.

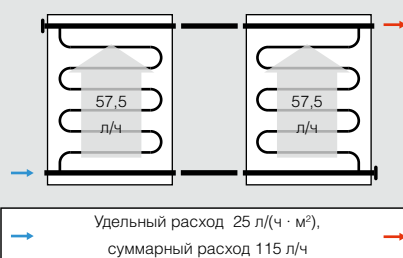
**Рис. В.3.1-4**  
Потери давления в коллекторе Vitosol 200-F



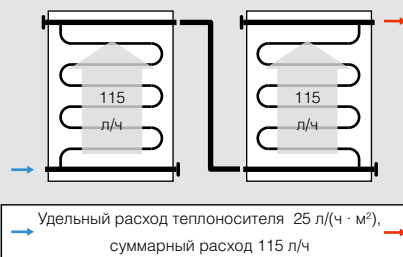
### Пример

Установка с двумя плоскими коллекторами, площадь каждого  $2,3 \text{ м}^2$ , то есть суммарная площадь абсорбера  $4,6 \text{ м}^2$ , требуемый расход теплоносителя  $25 \text{ л/(ч} \cdot \text{м}^2)$ , суммарный расход  $115 \text{ л/ч}$ .

Если коллекторы включены параллельно, то расход теплоносителя через коллектор составляет около  $1 \text{ л/мин}$  ( $57,5 \text{ л/ч}$ ). Потери давления в одном коллекторе составляют около 70 мбар. Потери давления не суммируются. Таким образом, суммарные потери давления в гелиополе составляют около 70 мбар.



Если коллекторы включены последовательно, расход теплоносителя через коллектор составляет примерно  $2 \text{ л/мин}$  ( $115 \text{ л/ч}$ ). Потери давления в одном коллекторе составляют около 200 мбар. Потери давления суммируются, таким образом, суммарные потери давления в гелиополе составляют около 400 мбар.



В обоих случаях для всего гелиополя получаем: средняя температура коллектора идентична, коэффициент полезного действия практически одинаков.

### Потери давления в трубопроводах

Потери давления в трубопроводах обычно рассчитываются с помощью программы расчета – для больших установок со сложной гидравликой это просто необходимо. Для расчета простых систем с медными трубами могут быть приняты следующие допущения:

- рабочая температура: 60 °С;
- теплоноситель: смесь воды и гликоля (60 : 40);
- 1 отвод на 2 м медной трубы;
- необходимые шаровые краны и тройники.

Значения потерь давления приведены на рисунке В.3.1-5.

#### Пример

Например, для солнечной системы, которая состоит из семи коллекторов (расход 402,5 л/час) потери давления, указанные в таблице для выбранной медной трубы диаметром 18 x 1, составляют около 5,6 мбар/м, включая местные сопротивления (арматуру).

Длина проектируемого трубопровода гелиоконтур составляет 18 м. Таким образом, суммарные потери давления составляют около 100 мбар.

При использовании теплоизолированных трубопроводов Viessmann для гелиоконтуров (гофрированная труба из нержавеющей стали DN 16) потери давления можно определить по рисунку В.3.1-6.

Рис. В.3.1-6 Потери давления в гофрированной трубе из нержавеющей стали DN 16

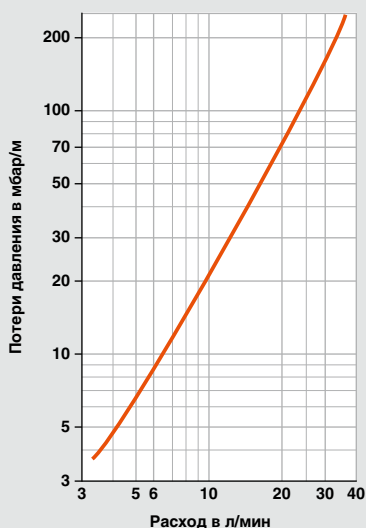


Рис. В.3.1-5 Потери давления и диаметр трубопровода

Объемный расход в м³/ч	Потери давления на метр трубопровода (включая арматуру) в мбар/м				
	Диаметр трубопровода				
	DN 10	DN 13	DN 16	DN 20	DN 25
0,100	4,6				
0,125	6,8				
0,150	9,4				
0,175	12,2				
0,200	15,4	4,4			
0,225	18,4	5,4			
0,250	22,6	6,6	2,4		
0,275	26,8	7,3	2,8		
0,300		9,0	3,4		
0,325		10,4	3,8		
0,350		11,8	4,4		
0,375		13,2	5,0		
0,400		14,8	5,6	2,0	
0,425		16,4	6,2	2,2	
0,450		18,2	6,8	2,4	
0,475		20,0	7,4	2,6	
0,500		22,0	8,2	2,8	
0,525			8,8	3,0	
0,550			9,6	3,4	
0,575			10,4	3,6	
0,600			11,6	3,8	
0,625				4,2	
0,650				4,4	
0,675				4,8	
0,700				5,0	1,8
0,725				5,4	1,9
0,750				5,8	2,0
0,775				6,0	2,2
0,800				6,4	2,3
0,825				6,8	2,4
0,850				7,2	2,5
0,875				7,6	2,6
0,900				8,0	2,8
0,925				8,4	2,9
0,950				8,8	3,0
0,975				9,2	3,2
1,000				9,6	3,4

Диапазон от 0,4 до 0,7 м/с

### Другие компоненты первичного контура

Потери давления в других компонентах первичного контура принимаются в соответствии с указаниями производителя.

Потери давления в компонентах, входящих в насосный узел Viessmann Solar-Division, также учитываются при расчете (см. далее главу по подбору насосов).

### Примечание

Следует учесть, что насосы должны иметь возможность регулирования частоты вращения. В сочетании с регулятором Vitosolic, в зависимости от электрической мощности насоса, может потребоваться дополнительное промежуточное реле.

### В.3.1.3 Насос гелиоконтура

#### Выбор типа насоса

В замкнутых гелиоконтурах используются стандартные центробежные насосы. Если насос в месте установки надежно защищен от перегрева, никакие особые требования к термостойкости не предъявляются. Работа насоса с водно-гликолевыми смесями обычно не вызывает никаких проблем, в случае сомнений следует обратиться за консультацией к производителю насоса.

В отдельных случаях используются солнечные системы, для которых рекомендуются другие типы насосов, например, шестеренчатые. Такие насосы необходимы, если используются компоненты с высокой потерей давления. Все приведенные в данном руководстве схемы солнечных систем и используемые в них компоненты Viessmann рассчитаны на работу со стандартными центробежными насосами.

С распространением солнечных систем теплоснабжения на рынке появились специальные гелионасосы с характеристикой, обеспечивающей хороший коэффициент полезного действия в режимах, характерных для солнечных систем (сравнительно небольшие объемные расходы при высокой потере давления). Кроме того, такие гелионасосы, являясь так называемыми высокоэффективными насосами, имеют низкое потребление электроэнергии, что улучшает эффективность солнечной системы.



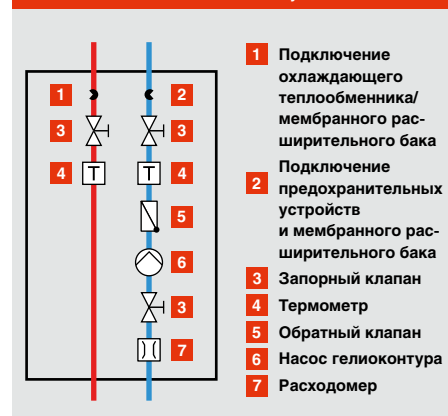
Рис. В.3.1-7 Насосный узел для солнечной системы Solar-Divicon.

#### Подбор насоса

Подбор насоса осуществляется обычным методом с учетом характеристики, если известны объемный расход и потери давления всей установки.

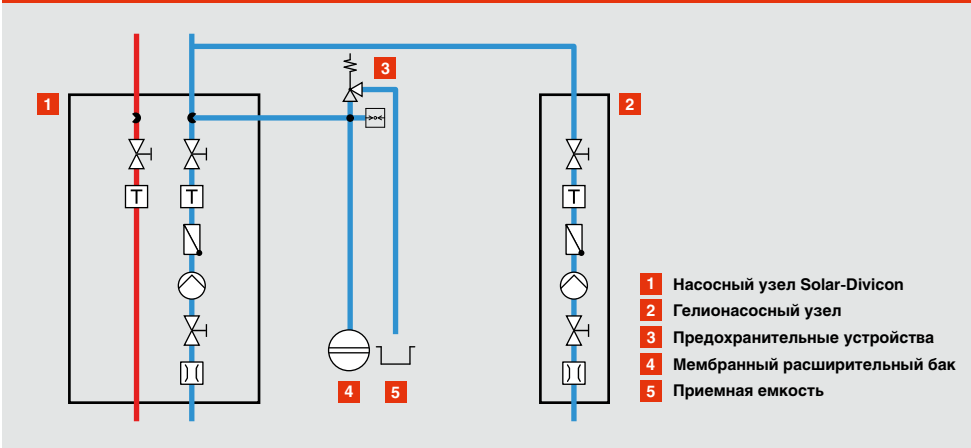
Если используется регулирование расхода (режим регулируемого расхода), это не влияет на выбор насоса – он должен рассчитываться на максимальную производительность. При недостаточной инсоляции регуляторы частоты вращения должны снизить (не повысить!) потребляемую мощность насоса, а следовательно, и частоту вращения.

Рис. В.3.1-8 Схема насосного узла Solar-Divicon



Кроме насоса гелиоконтура, в насосный узел Solar-Divicon входят все компоненты, необходимые для работы первичного контура.

Рис. В.3.1-9 Схема насосного узла Solar-Divicon со вторым гелионасосным узлом



Solar-Divicon можно дополнить гелионасосным узлом для систем с двумя контурами циркуляции и байпасным переключением.

Насос является компонентом гелионасосного узла гелиоконтур Viessmann (Solar-Divicon). Он предназначен для работы с теплоносителем Viessmann.

Solar-Divicon содержит все компоненты, необходимые для работы установки, и выпускается в двух модификациях, отличающихся по производительности (PS 10 и PS 20).

Для подключения второго контура циркуляции или байпасной линии не нужен второй насосный узел Solar-Divicon, а нужен только дополнительный гелионасосный узел.

Он также выпускается в двух модификациях по производительности (P10 и P20).

Подбор насосного узла для солнечных систем можно произвести с помощью соответствующих характеристик (рис. В.3.1-10). Солнечные системы для коттеджной застройки, как правило, комплектуются Solar-Divicon PS 10, этот узел также входит в состав готового пакетного предложения Viessmann.

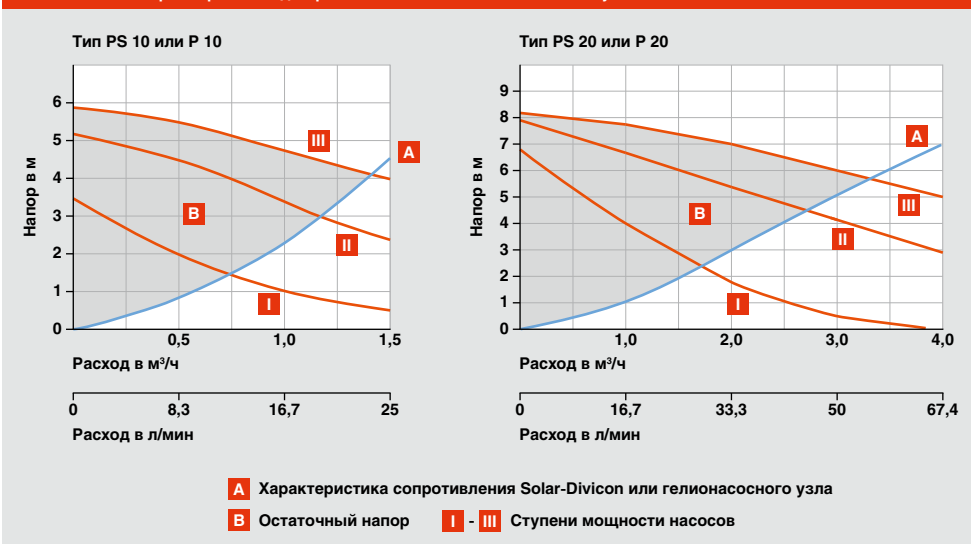
**Примечание**

Насосный узел Solar-Divicon и дополнительный гелионасосный узел не предназначены для прямого контакта с водой плавательных бассейнов.

**Примечание**

Solar-Divicon всегда следует устанавливать ниже уровня коллектора – для предотвращения попадания пара в расширительный бак при стагнации.

Рис. В.3.1-10 Характеристики для различных типов гелионасосных узлов



Насосный узел Solar-Divicon и гелионасосный узел выпускаются в двух модификациях по производительности.

## В.3 Первичный контур

### В.3.1.4 Расходомер

Расходомер измеряет объемный расход теплоносителя и предназначен, в сочетании с двумя термометрами, для контроля функционирования солнечной системы. Расходомер и термометры входят в состав Solar-Divicon.

В солнечных системах с одним гелиополем расходомер устанавливается на обратном трубопроводе. В прошлом расходомер часто комбинировался с регулировочным клапаном, с помощью которого можно было регулировать расход теплоносителя. Этот метод сегодня не применяется, поскольку такое регулирование расхода теплоносителя требует увеличения мощности насоса.

Небольшие отклонения от рекомендуемого расхода теплоносителя практически не влияют на производительность установки. Достаточно приблизиться к рекомендуемому расходу теплоносителя в первичном контуре с помощью выбора необходимой ступени мощности насоса.

Стандартные расходомеры представляют собой прозрачные стеклянные или пластмассовые трубки со шкалой, в которых подпружиненное кольцо или нечто подобное указывает фактическое значение расхода. Расходомер сравнительно термочувствителен, поэтому его всегда устанавливают в защищенной от попадания пара части обратного трубопровода

Рис. В.3.1-11 Расходомер



Расходомер, встроенный в трубопровод (слева), является составной частью Solar-Divicon. Модификация расходомера с байпасом используется при гидравлической увязке частей системы с несколькими гелиополями.

Рис. В.3.1-12 Показания расходомера



гелиоконтра. Если это устройство разрушится под воздействием высокой температуры, произойдет вытекание теплоносителя.

В установках с несколькими гелиополями расходомер вынуждено устанавливается вблизи коллектора, в зонах с ожидаемой высокой температурой. Здесь используется байпасное исполнение расходомера. При необходимости гидравлической увязки частей гелиополя целесообразно использовать расходомер с байпасом в сочетании с дросселями.

### В.3.1.5 Обратный клапан

В ночное время температура коллектора может стать ниже температуры емкостного водонагревателя, при этом возможно возникновение обратной циркуляции. Причем, чем больше разность температур между коллектором и водонагревателем, тем больше подъемная сила, которая приводит к нежелательной циркуляции. Возникновение обратной циркуляции можно распознать по нагреванию коллектора в отсутствие инсоляции.

Для предотвращения такой циркуляции в обратный трубопровод гелиоконтур встраивают обратный клапан. Разность давлений для открывания клапана устанавливается таким образом, чтобы с одной стороны гравитационной подъемной силы было недостаточно для открывания клапана, а с другой стороны он имел минимальное гидравлическое сопротивление.

Клапан всегда встраивается по ходу теплоносителя за насосом и перед подключением мембранного расширительного бака, а также перед предохранительным клапаном. В Viessmann Solar-Divicon обратный клапан встроен в насосный узел.

При неблагоприятной прокладке трубопровода – то есть при длинных вертикальных участках без отводов – в исключительных случаях гравитационная подъемная сила может открыть клапан. В этом случае рекомендуется устанавливать двухходовой клапан с электроприводом, который управляется параллельно с насосом гелиоконтур и открывается только тогда, когда насос включается.

Для предотвращения циркуляции, в трубопроводе в точке подключения к теплообменнику водонагревателя обычно достаточно подключения трубопровода с отрицательным уклоном или устройства термометли в трубопроводе, рядом с водонагревателем (см. главу В.2.2.4).

### В.3.2 Трубопроводы

Трубопроводы гелиоконтур должны быть термостойкими – как и все компоненты солнечной системы, а кроме того, должны подходить для работы с гликольсодержащими средами. Пластмассовые трубы не подходят для большинства типов солнечных систем, поскольку они не предназначены для работы как при низких, так и при высоких температурах. Оцинкованные стальные трубы также не пригодны, поскольку цинковое покрытие вступает с теплоносителем в химическую реакцию.

С учетом соотношения цена/качественная работа всех трубопроводов, оптимальное решение – это медные трубы с диаметром до DN 40 и стальные трубы для больших диаметров. С точки зрения эксплуатационных показателей оба материала являются равноценными, при условии надлежащей тепловой изоляции и устройства компенсации температурных удлинений.

#### Соединение труб

Как правило, медные трубопроводы в гелиоконтуре соединяются с помощью пайки твердым припоем или запрессовываются. Пайка мягким припоем, особенно вблизи коллектора, может не выдержать воздействия высоких температур. Недопустимо использовать графитовые уплотнения при заполнении системы гликолем.

При использовании паклевых уплотнений при соединении трубопроводов необходимо применять герметик, устойчивый к воздействию давления и температуры. Следует, по возможности, как можно реже использовать такие уплотнения и категорически запрещается их применение в непосредственной близости к коллектору.

Лучше всего подходят соединения с металлическим уплотнением или с двойными O-образными уплотнительными кольцами, которые использует Viessmann.

#### Примечание

При использовании пресс-фитингов необходимо использовать соответствующие уплотнительные кольца (устойчивые к воздействию гликоля и температуры). Допускается использование только тех уплотнений, которые разрешены производителем.



### Крепление трубопроводов

При проектировании и монтаже крепежных трубопроводов гелиоконтуров существуют те же правила, что и для крепления трубопроводов систем отопления:

- трубопроводы нельзя монтировать на других трубопроводах или использовать в качестве опор для других трубопроводов и грузов;
- крепление должно обеспечивать шумоизоляцию;
- следует учитывать температурное удлинение трубопроводов.

Последний пункт несколько отличает трубопроводы солнечной системы от трубо-

проводов систем отопления. Вследствие большой разности температур в первичном контуре солнечной системы (от  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+175^{\circ}\text{C}$  и выше  $\Rightarrow 200\text{ K}$ ) возникает значительное температурное расширение. При повышении температуры на  $100\text{ K}$  один метр медной трубы – независимо от диаметра – удлиняется примерно на  $1,7\text{ мм}$ , то есть для трубопровода гелиоконтуров следует учитывать минимум двойное температурное удлинение (около  $3,5\text{ мм}$  на метр).

В традиционных системах отопления температурное удлинение несколько меньше. При значительно более высоких разностях температур и более частых изменениях нагрузки в гелиоконтуровых обычных поворотах для компенсации температурных удлинений недостаточно. При применении традиционных методов компенсации температурных удлинений в гелиоконтуре могут возникнуть напряжения, которые приведут к образованию трещин в трубопроводах, фитингах или в местах соединений, что в итоге приведет к нарушению герметичности трубопровода.

Для расчета компенсационных мер примем, что участки трубопровода, в которые может попадать пар, имеют максимальную температуру  $200^{\circ}\text{C}$ , а остальные участки имеют температуру  $120^{\circ}\text{C}$ . Если для присоединения коллектора используется, например, гофрированная труба из нержавеющей стали, возникающие температурные деформации не будут иметь разрушающего воздействия на трубопровод. Следует также учитывать максимально допустимые напряжения для компенсаторов температурных удлинений. При проектировании и монтаже необходимо помнить такие особенности работы гелиоконтуров.

Общий подход к выбору способа компенсации температурных удлинений остается таким же, как и для других трубопроводов. Во избежание повреждений врезку отвления следует выполнять либо в непосредственной близости от неподвижной опоры, либо с использованием гибких трубопроводов.

### Тепловая изоляция

Для минимизации тепловых потерь трубопроводы первичного контура, как и трубопроводы систем отопления и горя-

Коэффициент температурного расширения медной трубы на 30% больше, чем у стальной.

Рис. В.3.2-1 Температурное расширение (медных труб)

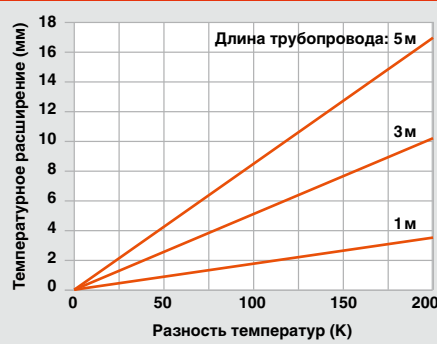
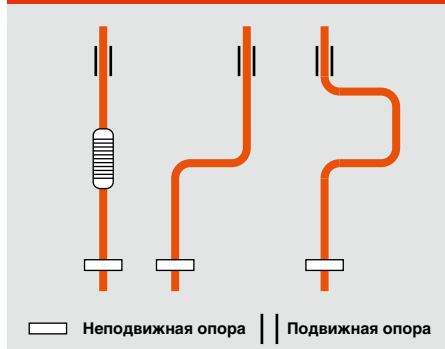


Рис. В.3.2-2 Компенсация температурного расширения



Необходимо предусматривать компенсаторы температурных удлинений в первичном контуре.

Рис. В.3.2-2 Повреждение вследствие температурного расширения.



чего водоснабжения, в соответствии с нормативными требованиями (EnEV для Германии), должны быть полностью изолированы. Если для изоляции используются материалы, коэффициент теплопроводности которых отличается от нормативного значения (для Украины 0,07 Вт/(м·К)), толщина теплоизоляционного слоя должна быть соответственно увеличена.

Используемые теплоизоляционные материалы должны выдерживать ожидаемые рабочие температуры и иметь защиту от воздействия влаги, поскольку в противном случае их теплоизоляционные свойства будут ухудшаться. Некоторые теплоизоляционные материалы, не изменяющие свойств при высоких температурах, например, минеральные волокна, не защищены от воздействия конденсата, который образуется вследствие значительных колебаний температур в первичном контуре солнечной системы.

Применяемая обычно высокотемпературная тепловая изоляция в виде цилиндров из материала с закрытыми ячейками обладает достаточной влагостойкостью. Максимально допустимая температура изоляции составляет около 170 °С. Однако в зоне соединения трубопроводов с коллектором температура может достигать 200 °С (в плоском коллекторе), а в вакуумированном трубчатом коллекторе может быть и выше.

При температурах выше 170 °С теплоизоляционный материал меняет свою структуру и покрывается коркой, которая ухудшает теплоизоляционные свойства. Однако зона образования корки ограничивается несколькими миллиметрами, непосредственно возле трубопровода, а большая часть площади сечения изоляции остается неповрежденной. Такой риск ухудшения теплоизоляционных свойств в зоне соединения с коллектором представляется приемлемым, поскольку перегрев является кратковременным и возможное повреждение изоляции не представляет опасности для других компонентов солнечной системы.

Особенно важно, чтобы тепловая изоляция трубопровода первичного контура, проложенного снаружи здания, была защищена от повреждения птицами и мелкими животными, а также от ультрафиолетового

излучения. Такие проблемы часто недооцениваются, и это приводит к тому, что срок службы тепловой изоляции трубопроводов в этой зоне не достигает 20 лет. Применение теплоизоляционного материала, стойкого к воздействию ультрафиолетового излучения, было бы только частичным решением проблемы, поскольку такая защита не препятствует повреждению изоляции мелкими животными. Использование оболочек для защиты от мелких животных (например, покрытие металлическим кожухом), как правило, обеспечивает достаточную защиту от ультрафиолета, что позволяет отказаться от выбора теплоизоляционного материала, устойчивого к его воздействию.

Рис. В.3.2-4  
Тепловая изоляция с зоной образования корки



Допускается образование небольшой корки на внутренней стороне теплоизоляционной оболочки с закрытыми ячейками.



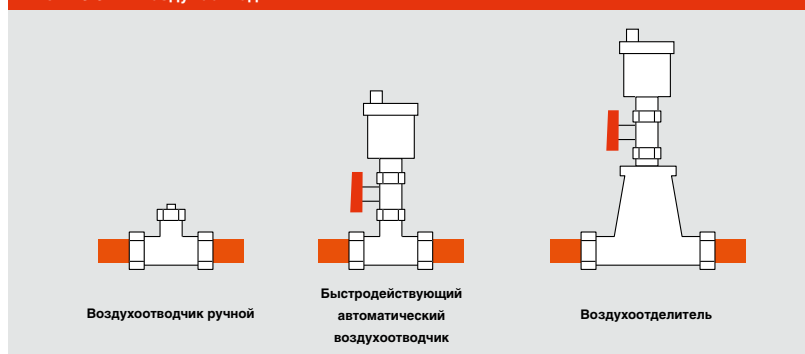
Рис. В.3.2-5 Повреждение мелкими животными.



Рис. В.3.2-6 Защита от мелких животных и ультрафиолетового излучения.

## В.3 Первичный контур

Рис. В.3.3-1 Воздухоотводчики



В зависимости от места установки и предъявляемых требований, используются различные типы воздухоотводчиков для удаления воздуха из первичного контура.

### В.3.3 Удаление воздуха

Условием безотказной и эффективной работы солнечной системы является удаление воздуха из первичного контура.

Воздух в первичном контуре вызывает возникновение шума в гелиоконтуре и нарушает циркуляцию теплоносителя в солнечных коллекторах или отдельных гелиополях. Кроме того, наличие воздуха приводит к ускорению окисления органических теплоносителей, таких как стандартные смеси воды и гликоля.

Для удаления воздуха из первичного контура используются воздухоотводчики, которые открываются и закрываются вручную или работают автоматически. Последние представляют собой быстродействующие автоматические воздухоотводчики или воздухоотделители. Поскольку удаление воздуха из теплоносителей является более длительным процессом, чем удаление воздуха из чистой воды, в солнечных системах предпочтительнее использовать автоматический воздухоотводчик.

В первичном контуре солнечной системы, как и в системе отопления, находится воздух. При заполнении системы большая его часть вытесняется теплоносителем. Однако часть воздуха увлекается потоком жидкости в виде небольших пузырьков и только позже постепенно отделяется от нее. Другая часть воздуха растворяется в теплоносителе и высвобождается только при высоких температурах. Этот воздух собирается в самом высоком месте пер-

вичного контура или образует воздушные пробки на горизонтальных участках трубопровода.

Большое количество воздуха в первичном контуре может остановить циркуляцию теплоносителя и вызвать повреждение насоса. Чтобы облегчить удаление воздуха, воздухоотводчики должны быть установлены в самом высоком месте и в местах возможного образования воздушных пробок.

При стагнации теплоноситель в коллекторе закипает, и в трубопроводе образуется пар. Поэтому воздухоотводчик в верхней точке установки – в частности, около коллектора – после завершения процесса заполнения первичного контура теплоносителем необходимо закрыть.

В солнечных системах с прямыми трубопроводами без отводов можно отказаться от воздухоотводчиков в верхней точке. Для удаления воздуха во время работы воздухоотделитель устанавливается в котельной на подающем трубопроводе перед теплообменником (см. рис. В.3.3-2). Место установки должно быть надежно защищено от попадания пара при стагнации.

Необходимо тщательно производить выбор воздухоотводчика. Из водно-гликолевых смесей воздух удаляется медленнее, чем из воды. Летом, когда теплоноситель нагревается, из него дополнительно выделяется воздух – этот процесс известен по работе систем отопления зимой.

#### Примечание

Если нельзя исключить попадание пара в трубопровод, следует устанавливать автоматические воздухоотделители с запорным краном.

#### Примечание

В зависимости от максимальной температуры теплоносителя, выделение воздуха может продолжаться до шести месяцев (например, всю зиму).

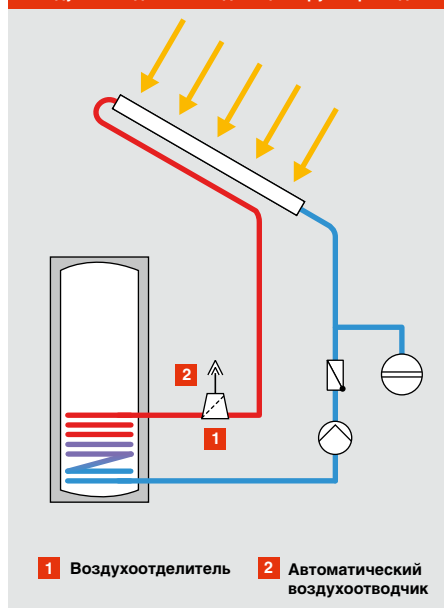
Очень важно выяснить у производителя воздухоотделителей, относится ли указанная в технической документации производительность к смеси воды с гликолем.

Чтобы воздухоотделитель в котельной – то есть ниже коллектора – мог выполнять свою задачу, пузырьки воздуха должны направляться теплоносителем вниз, преодолевая силу тяжести. Поэтому размеры трубопровода подбираются таким образом, чтобы скорость течения составляла не менее 0,4 м/с. Если скорость теплоносителя меньше, он не сможет перемещать пузырьки воздуха.

В установках со статическим давлением выше 2,5 бар (высота здания больше 25 м) практически невозможно произвести удаление воздуха в котельной. Для облегчения удаления воздуха воздухоотделитель или воздухоотводчик устанавливается в высшей точке контура. Следует предусмотреть возможность регулярного удаления воздуха через воздухоотводчик вручную после заполнения гелиоконтура теплоносителем.

Установки с большим статическим давлением и, прежде всего, установки с несколькими гелиополями особенно подвержены образованию воздушных пробок. В этих случаях целесообразно использование вакуумной деаэрации: благодаря использованию деаэрированного теплоносителя воздух надежно удаляется из всех компонентов солнечной системы.

Рис. В.3.3-2  
Воздухоотводчик на подающем трубопроводе



#### Примечание

Внимание: в системах с повышенной опасностью образования пара не следует использовать автоматические воздухоотводчики в верхних точках системы.

### В.3.4 Теплоносители

Теплоноситель транспортирует теплоту из коллектора в емкостный водонагреватель: в трубках абсорбера теплоноситель нагревается, а в водонагревателе передает теплоту воде через теплообменник.

Благодаря высокой теплоемкости вода является основной составной частью большинства теплоносителей.

Для предотвращения замерзания теплоносителя вода смешивается с антифризом (обычно пропиленгликолем): в Центральной Европе используют концентрацию около 40% от общего объема.

Пропиленгликоль представляет собой трудновоспламеняющуюся, неядовитую, биологически расщепляемую жидкость. Он не подлежит маркировке согласно критериям ЕС и специальным правилам транспортировки. Температура кипения – около 188 °С, плотность – 1,04 г/см<sup>3</sup>.

## В.3 Первичный контур

Viessmann использует теплоносители, имеющие дополнительную антикоррозионную защиту, что благоприятно влияет на срок службы всей солнечной системы.

Гликоль – это органическое вещество с обычными свойствами. Поэтому в теплоноситель добавляются антиокислительные присадки, что обеспечивает длительное поддержание pH-среды в щелочном диапазоне ( $> 7,0$ ). Это гарантирует защиту от коррозии.

Теплоносители, подвергающиеся небольшим термическим нагрузкам, могут прослужить до десяти лет. Конечно, при этом необходимо регулярно проверять плотность гликоля и значение pH (см. главу Е.1.4).

Если теплоноситель в солнечной системе подвергается термическим нагрузкам, т.е. стагнации, молекулы гликоля разрушаются при температурах около  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Затем они могут соединяться с другими молекулами, что ускоряет образование кислот (и повышает опасность возникновения коррозии).

Гликоль подвержен окислению при высоких температурах. Если в гелиоконтуре присутствует кислород, теплоноситель разлагается, и в нем могут образовываться твердые отложения. Научные исследования четко показали, что в негерметичных установках с постоянным поступлением кислорода такая вероятность возникает гораздо чаще, чем вследствие стагнации при высоких температурах.

В солнечных системах с возможными длительными периодами стагнации (например, при поддержке системы отопления за счет солнечной энергии) рекомендуется проводить ежегодный контроль состояния теплоносителя с протоколированием результатов (см. главу Е.1.4).

Для обеспечения эксплуатационной надежности и высокой эффективности в солнечных системах Viessmann используют в качестве теплоносителя пропиленгликоль.

Альтернативные теплоносители, те же термомасла и растворимые соли, либо находятся на стадии исследований, либо не подходят для работы в температурных диапазонах, характерных для горячего водоснабжения или поддержки системы отопления за счет солнечной энергии.

Используемый Viessmann теплоноситель Tufocor имеет несколько исполнений. Базовой составляющей теплоносителя Tufocor является пропиленгликоль, а добавки (ингибиторы), защищающие от коррозии, могут быть различными. Варианты исполнения отличаются по цвету. При доливе теплоносителя в эксплуатируемые солнечные системы следует учитывать возможность смешивания теплоносителей между собой.

Под воздействием высоких температур и кислорода теплоноситель разрушается, в результате чего могут образовываться твердые отложения.



Рис. В.3.4-1  
Теплоноситель с твердыми отложениями

Рис. В.3.4-2 Теплоносители Viessmann

	Tufocor HTL	Tufocor G-LS	Tufocor LS
Цвет	сине-зеленый	фиолетовый	красный
Выпускается	до 2001 г.	с 05.2003 по 2008 г.	до 04.2003 г.; с 2008 г.
Смешивается			
Tufocor HTL	■	—	—
Tufocor G-LS	—	■	■
Tufocor LS	—	■	■

■ Смешивание допускается

При доливе следует учитывать возможность смешивания теплоносителей.

### В.3.5 Стагнация и устройства безопасности

#### В.3.5.1 Стагнация в солнечных системах

Солнечный коллектор генерирует теплоту тогда, когда излучение попадает на абсорбер – независимо от фактической тепловой нагрузки. Если отбор теплоты в системе невозможен или нецелесообразен, система отключается и переходит в состояние стагнации. При наличии инсоляции это ведет к росту температуры в коллекторе до максимального значения, когда теплопоступления равны теплопотерям. При этом в коллекторах достигаются температуры, которые, как правило, превышают точку кипения теплоносителя в гелиоконтуре.

Например, при расчете режимов работы системы отопления с использованием солнечной энергии следует учитывать ожидаемые фазы стагнации в расчетах. Программа моделирования позволяет определить предполагаемые сроки и продолжительность стагнации.

К стагнации может также привести отключение электроэнергии, когда отбор теплоты от коллектора не осуществляется. Такая ситуация должна обязательно учитываться при проектировании солнечных систем, другими словами, уже на этапе проектирования нужно обеспечить безопасность системы.

Безопасность солнечной системы означает следующее:

- установка не должна быть повреждена в результате стагнации;
- установка не должна создавать какую-либо опасность во время стагнации;
- по окончании стагнации установка должна автоматически вернуться в рабочее состояние;
- коллекторы и соединительные трубопроводы должны быть рассчитаны на температуры, ожидаемые в период стагнации.

Во время стагнации в солнечной системе достигаются максимальные значения температуры и давления. Поэтому значения максимально допустимого давления и устройства безопасности должны быть рассчитаны на этот режим.

По результатам моделирования можно определить период времени, в который ожидается стагнация.

Рис. В.3.5-1 Стагнация в солнечных системах





## В.3 Первичный контур

### Процессы, происходящие в коллекторе при стагнации

Процессы, происходящие в солнечных системах при стагнации являются объектом исследования в последние годы. Эти процессы достаточно известны и делятся на пять фаз.

#### Фаза 1: Расширение жидкости

При наличии инсоляции теплоноситель не циркулирует вследствие того, что насос гелиоконтур отключен. Объем теплоносителя увеличивается, и давление в системе возрастает примерно на 1 бар, до достижения температуры кипения.

#### Фаза 2: Испарение теплоносителя

При закипании теплоносителя в коллекторе образуется пар, давление в системе возрастает еще на 1 бар. Температура теплоносителя достигает примерно 140 °С.

#### Фаза 3: Кипение в коллекторе

До тех пор, пока в коллекторе находится жидкий теплоноситель, происходит парообразование. При этом концентрация водно-гликолевой смеси увеличивается и температура кипения возрастает. Давление в системе продолжает расти и достигает максимума, теплоноситель нагревается до температуры 180 °С.

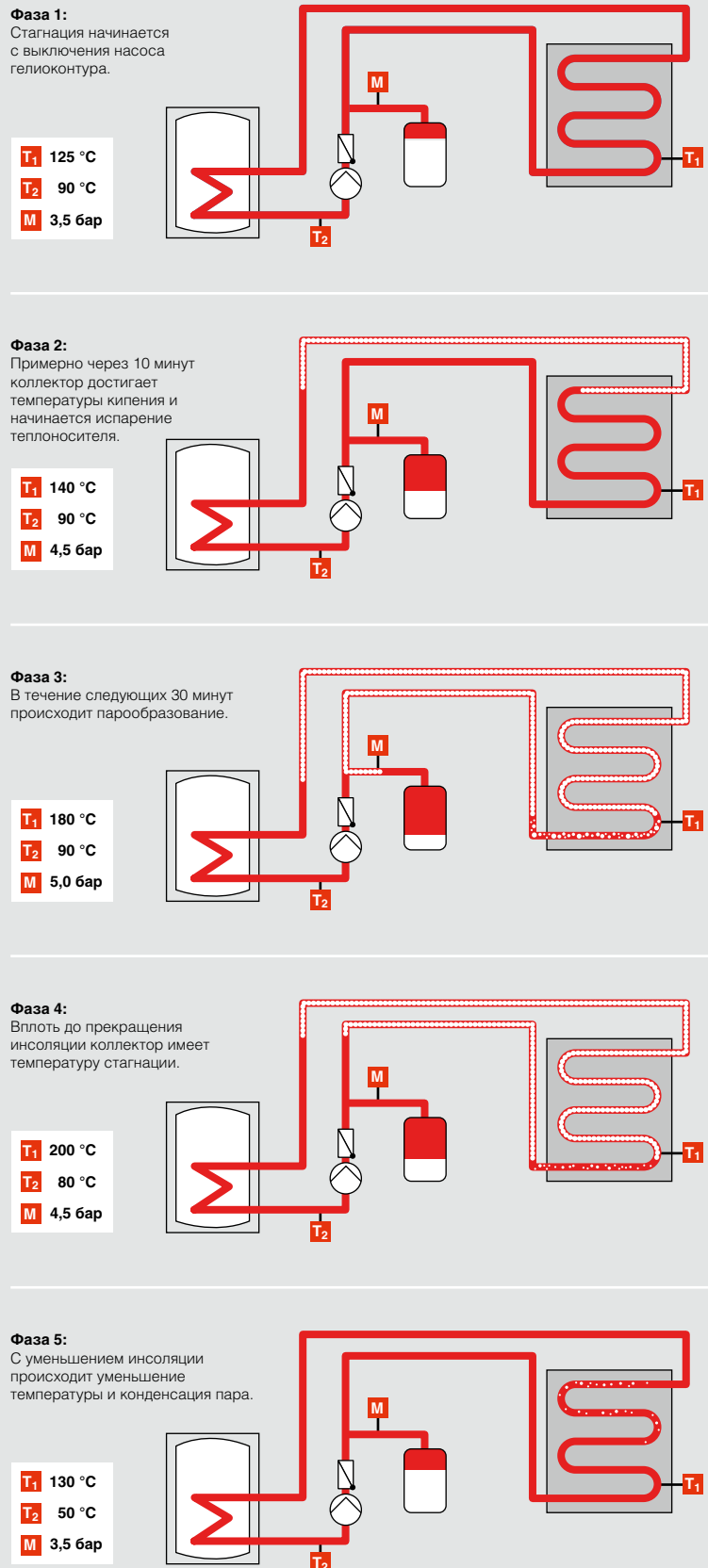
#### Фаза 4: Перегрев

Вследствие повышения концентрации теплоносителя испаряется все меньше воды. В результате возрастает температура кипения, а следовательно и температура в коллекторе. При этом производительность коллектора падает, количество пара в системе уменьшается. Давление уменьшается, температура в коллекторе достигает температуры стагнации. Это состояние будет продолжаться, пока инсоляция будет достаточна для того, чтобы поддерживать в коллекторе температуру стагнации.

#### Фаза 5: Повторное заполнение коллектора

При уменьшении инсоляции температура коллектора и давление в системе падают. Пар конденсируется, и теплоноситель заполняет коллектор. При попадании жидкости на перегретые части коллектора может происходить незначительное парообразование.

Рис. В.3.5-2 Фазы стагнации



**Термины и определения**

Для описания и расчета процессов, происходящих в солнечном коллекторе при стагнации необходимо ввести и пояснить некоторые термины:

- максимальный объем пара (Vd) – это объем жидкости, который может быть принят мембранным расширительным баком во время стагнации;
- радиус действия пара (DR) – это длина трубопроводов, которая при стагнации заполняется паром. Максимальный DR зависит от теплопотерь трубопроводов, то есть, в основном, от тепловой изоляции трубопроводов. Величина DR определяется для полностью изолированных трубопроводов;
- мощность парообразования (DPL) – это тепловая мощность, которая отводится от коллектора в трубопроводы во время стагнации. Максимальная DPL зависит от подключения коллекторов и типа гелиополя.

**Особенности стагнации в различных гелиополях**

Парообразование в солнечной системе может уменьшиться, если третья фаза стагнации имеет минимальную продолжительность или вообще отсутствует. Это происходит тогда, когда во второй фазе жидкий теплоноситель полностью вытесняется из коллектора и практически не кипит в нем.

Благоприятная ситуация при стагнации в гелиополях возникает тогда, когда удается

избежать образования зон застоя жидкости, которые могли бы испаряться во время третьей фазы. Решающее значение при этом имеет конструкция всего гелиополя, а не только отдельного коллектора.

Коллекторы Vitosol, принимая во внимание место их установки и способ соединения, позволяют выдерживать максимальные мощности парообразования. Это важно для расчета охлаждающего теплообменника (VSG) и мембранного расширительного бака (MAG). Теплообменник-охладитель в солнечных системах предназначен для того, чтобы в случае стагнации предохранить мембранный расширительный бак от перегрева.

По сравнению с арфообразными меандровыми абсорберами позволяют пару, возникающему в верхней части коллектора, полностью вытеснить жидкость из меандровой трубки.

Для плоских коллекторов влияние угла наклона на опорожнение при стагнации незначительно. В вакуумированных трубчатых коллекторах – наоборот, за счет более удачного расположения можно значительно улучшить опорожнение при стагнации.

Что касается особенностей стагнации, то предпочтительным является использование солнечных систем с низким давлением. Поэтому важно отрегулировать оптимальное давление в системе: избыточного давления в коллекторе 1 бар (при наполнении и температуре теплоносителя около 20 °C) будет вполне достаточно.

**Примечание**

Для вакуумированных трубчатых коллекторов Vitosol 300-T (с тепловой трубой), независимо от их установки, можно принять значение мощности парообразования (DPL) 100 Вт/м<sup>2</sup>.



В зависимости от типа коллектора и гидравлического соединения принимаются разные значения мощности парообразования.

### **В.3.5.2 Поддержка давления и охлаждающие теплообменники**

Правильное проектирование, исполнение и обеспечение требуемого давления имеют большое значение для эксплуатационной надежности солнечных систем теплоснабжения (см. главу Е.1.1). Многолетний опыт показал, что именно здесь чаще всего находится причина возникновения неисправностей.

Мембранный расширительный бак выполняет три важные функции:

- содержит необходимый объем жидкости для компенсации уменьшения объема, вызванного снижением температуры и удалением воздуха из системы;
- принимает расширение теплоносителя в результате роста температуры в режиме эксплуатации;
- принимает жидкость из коллекторов вследствие образования пара во время стагнации.

Первые две функции не отличаются от функций обычных систем отопления и рассчитываются практически аналогично. Третья функция характерна только для солнечных систем. В режиме стагнации парообразование происходит не только в коллекторе, пар заполняет и часть соединительных трубопроводов. Количество пара, которое необходимо учитывать при расчете мембранного расширительного бака, зависит также от подключения и типа солнечных коллекторов.

До сих пор парообразование при стагнации учитывалось в расчете мембранного расширительного бака в виде увеличивающего коэффициента. Такой метод расчета по-прежнему допустим, нет необходимости изменять или пересчитывать существующие солнечные системы.

Между тем, зависимость мощности парообразования от типа коллектора и его присоединения была хорошо изучена, что дало более точный метод расчета. В результате можно уменьшить и удешевить расширительный бак, особенно для больших солнечных систем.

При проектировании установки для поддержания давления вначале нужно определить, может ли пар в случае стагнации достигнуть мембранного расширительного бака или другой термочувствительной арматуры. Если да, то необходимо предусмотреть охлаждающий теплообменник (теплообменник-охладитель). Только после этого можно приступать к определению объема расширительного бака.

### **Определение радиуса действия пара**

Максимальный радиус действия пара зависит от количества пара, образуемого во время стагнации. Количество пара состоит из полностью испарившегося содержимого коллекторов (предполагается, что остаток жидкости отсутствует) и пара, который находится в трубопроводе в третьей фазе стагнации (см. главу В.3.5.1).

Длина трубопровода, заполненного паром в режиме стагнации, рассчитывается из условия равенства между тепловой мощностью парообразования гелиополя и тепловыми потерями трубопроводов.

Тепловая мощность парообразования всего гелиополя представляет собой произведение площади апертуры коллектора и удельных мощностей парообразования в Вт/м<sup>2</sup> (см. рис. В.3.5-3).

Для определения теплотерь медных трубопроводов гелиоконтур (трубопроводы со 100-процентной изоляцией стандартным теплоизоляционным материалом) используются следующие значения удельных теплотерь:

диаметр x толщина стенки  
12 x 1, 15 x 1 и 18 x 1: **25 Вт/м**;  
диаметр x толщина стенки  
22 x 1 и 28 x 1,5: **30 Вт/м**.

Максимальный радиус действия пара (DR) в метрах определяется по формуле:

$$DR_{\max} = \frac{DPL_{\max} \cdot A_{\text{колл}}}{\dot{q}_{\text{rohr}}}, \text{ где}$$

$DR_{\max}$  – максимальный радиус действия пара в м;

$DPL_{\max}$  – максимальная мощность парообразования в Вт/м;

$A_{\text{колл}}$  – площадь апертуры в м<sup>2</sup>;

$\dot{q}_{\text{rohr}}$  – тепловые потери трубопровода в Вт/м.

#### Примечание

При отсутствии точных данных принимаются максимальные значения DPL (100 или 200 Вт/м<sup>2</sup>).

#### Пример

Для солнечной системы с двумя плоскими коллекторами и соединительными трубопроводами из медных труб 15 x 1 принимаем:

$$DPL_{\max} = 60 \text{ Вт/м}^2;$$

$$A_{\text{колл}} = 4,66 \text{ м}^2;$$

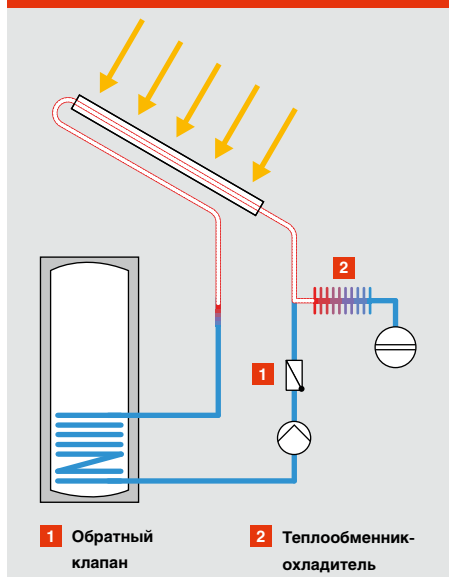
$$\dot{q}_{\text{rohr}} = 25 \text{ Вт/м};$$

$$DR_{\max} = \frac{60 \text{ Вт/м}^2 \cdot 4,66 \text{ м}^2}{25 \text{ Вт/м}}.$$

Таким образом, получаем, что пар проникает в соединительный трубопровод коллектора не более чем на 11,18 метров.

Если радиус действия пара меньше фактической длины трубопровода (подающего и обратного) в гелиоконтуре между коллектором и мембранным расширительным баком, то в случае стагнации пар может не достигать расширительного бака. Если же радиус действия пара больше, необходимо предусмотреть теплообменник-охладитель для защиты мембраны расширительного бака от перегрева. В теплообменнике-охладителе пар снова конденсируется и охлаждается до температуры < 70 °С.

Рис. В.3.5-4 Теплообменник-охладитель



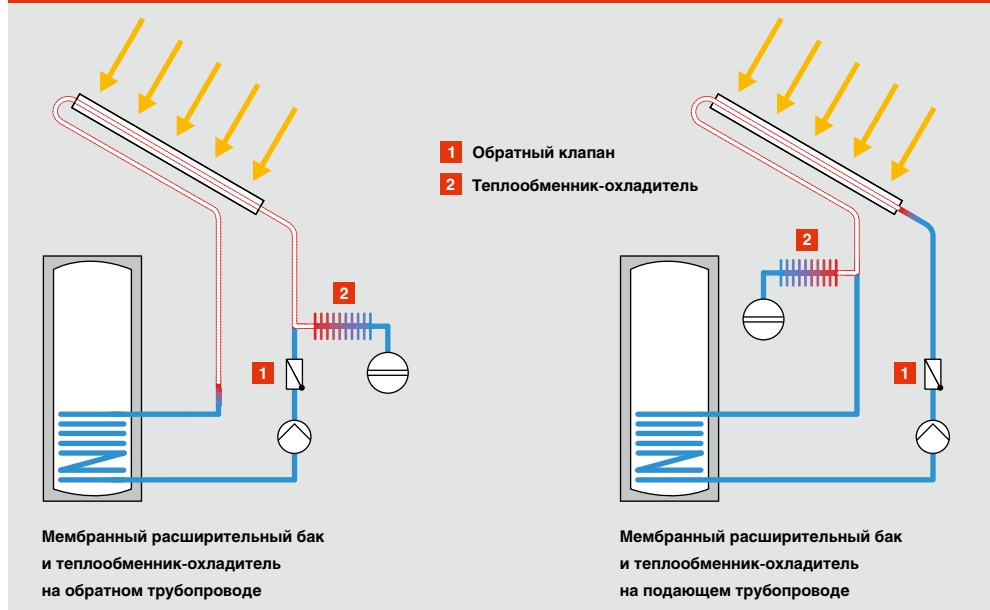
Для защиты мембранного расширительного бака от перегрева теплоноситель охлаждается в теплообменнике-охладителе.

## В.3 Первичный контур

Слева: Пар может распространяться по подающему, обратному трубопроводу и теплообменнику-охладителю до мембранного расширительного бака, установленного на обратном трубопроводе.

Справа: Пар может распространяться только по подающему трубопроводу и теплообменнику-охладителю до мембранного расширительного бака, установленного на подающем трубопроводе.

Рис. В.3.5-5 Распространение пара

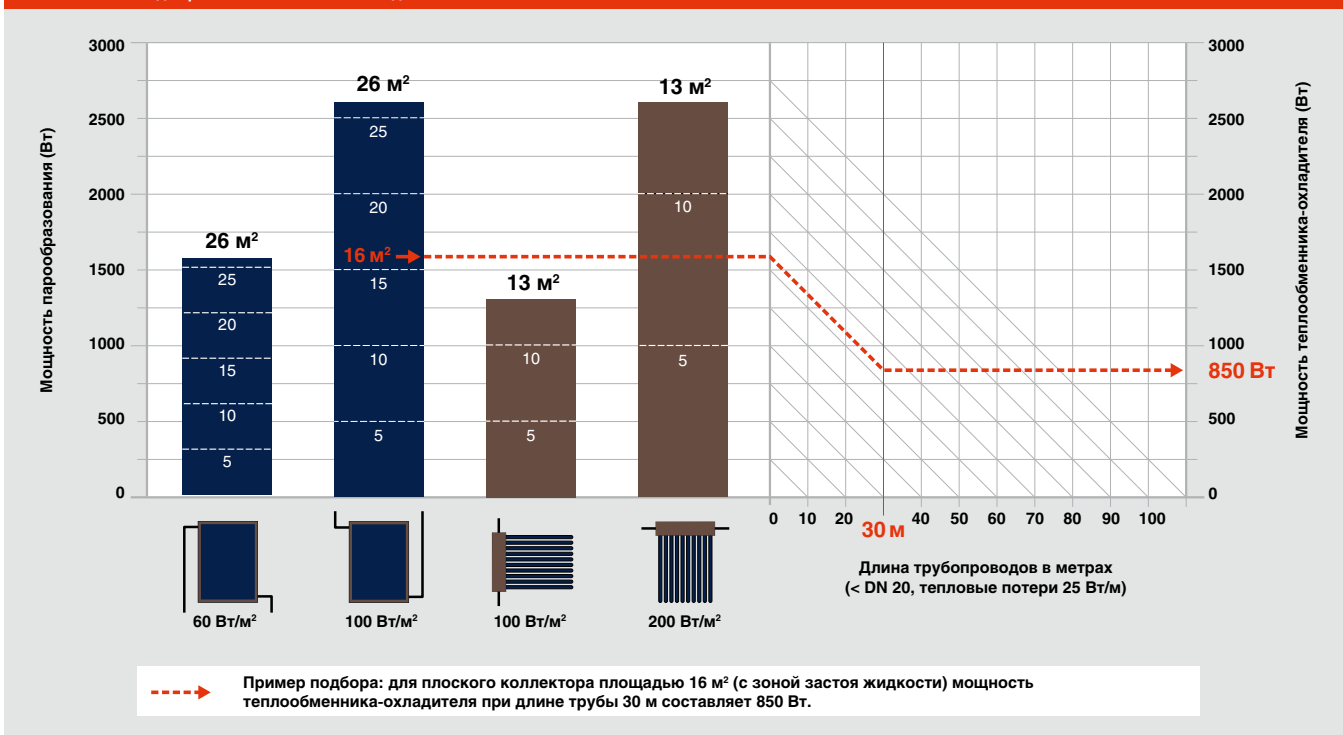


### Определение места расположения теплообменника-охладителя

При ожидаемой частой стагнации в зависимости от места расположения чувствительных к температуре компонентов первичного контура, например,

насосов, целесообразно устанавливать мембранный расширительный бак и теплообменник-охладитель на обратном трубопроводе. В таком случае обратный трубопровод подвергается воздействию пара и участвует в отводе теплоты при стагнации.

Рис. В.3.5-6 Подбор теплообменника-охладителя



В зависимости от DPL гелиополя и тепловых потерь трубопровода получаем необходимую остаточную мощность теплообменника-охладителя. Установки с соединительными трубопроводами диаметром > DN 20 можно рассчитать с помощью расчетной таблицы Excel (см. примечание на странице 95).

**Определение мощности теплообменника-охладителя**

Разность между мощностью парообразования гелиополя и тепловыми потерями трубопроводов до точки присоединения мембранного расширительного бака равна необходимой мощности охлаждения. При этом необходимо учитывать положение мембранного расширительного бака и теплообменника-охладителя (радиатора), поскольку от этого зависит величина тепловых потерь трубопровода.

$$\dot{Q}_{ks} = (DPL_{max} \cdot A_{koll}) - (\dot{q}_{rohr} \cdot L_{rohr}), \text{ где}$$

$\dot{Q}_{ks}$  – мощность теплообменника-охладителя;

$DPL_{max}$  – максимальная мощность парообразования в Вт/м<sup>2</sup>;

$A_{koll}$  – площадь апертуры в м<sup>2</sup>;

$\dot{q}_{rohr}$  – тепловые потери трубопровода в Вт/м;

$L_{rohr}$  – длина трубопровода.

**Пример**

DPL установки с плоским коллектором площадью 10 м<sup>2</sup> составляет 600 Вт. Установка подключена с помощью медного трубопровода DN 20 длиной 30 м. Радиус действия пара составляет 20 м (600 Вт/30 Вт на м), таким образом, защитные меры не требуются.

Для удвоенной площади коллектора (20 м<sup>2</sup>) удваивается и радиус действия пара – 40 м, при этом пар может достичь мембранного расширительного бака. Требуемая мощность охлаждения рассчитывается следующим образом:

$$DPL_{max} = 60 \text{ Вт/м}^2;$$

$$A_{koll} = 20 \text{ м}^2;$$

$$\dot{q}_{rohr} = 30 \text{ Вт/м};$$

$$L_{rohr} = 30 \text{ м};$$

$$\dot{Q}_{ks} = (60 \text{ Вт} \cdot 20 \text{ м}^2) - (30 \text{ Вт/м} \cdot 30 \text{ м}).$$

Мощность охлаждения  $Q_{ks}$  составляет 300 Вт.

Для установок с соединительным трубопроводом не более DN 20 (то есть тепловые потери трубопровода гелиоконтурa 25 Вт/м) необходимую мощность охлаждения можно определить по рисунку В.3.5-6.

**Определение типа теплообменника-охладителя**

Если необходимая мощность теплообменника-охладителя известна, можно определить тип теплообменника. В небольших солнечных системах для этого зачастую используется «входной» сосуд (VSG). Его охлаждающую способность при объеме до 100 л можно определить по рисунку В.3.5-7.

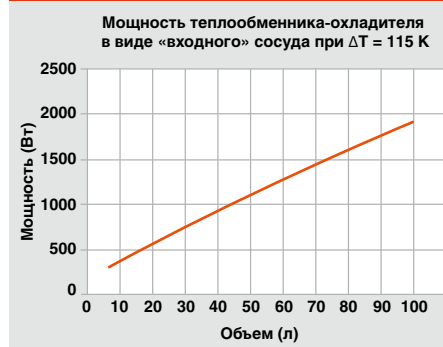
В дополнение к «входному» сосуду или вместо него можно также установить другой теплообменник – для больших солнечных систем такое решение может оказаться менее дорогостоящим.

В качестве теплообменника-охладителя можно использовать оребренную трубу, стандартный конвектор или радиатор. Для определения его мощности можно использовать указанную в технической документации тепловую нагрузку при температурном графике в подающем и обратном трубопроводе (75 °С/65 °С), умноженную на коэффициент 2 для учета более высоких температур.

**Примечание**

Необходимо предусмотреть меры защиты от ожогов, поскольку при стагнации гелиополя в теплообменник-охладитель может поступать пар с температурой до 140 °С.

**Рис. В.3.5-7 Мощность теплообменника-охладителя в виде «входного» сосуда**



Мощность теплообменника-охладителя в виде «входного» сосуда зависит от его объема.

**Расчет мембранного расширительного бака**

Для определения объема мембранного расширительного бака необходимо определить объем теплообменника-охладителя  $V_{kk}$ , объем жидкости в первичном контуре солнечной системы  $V_a$  и объем трубопроводов  $V_{rohr}$ .

## В.3 Первичный контур

Для определения объема пара в трубопроводах  $V_{\text{rohr}}$  нужно сложить объем трубопроводов, соединяющих солнечный коллектор и теплообменник-охладитель (только подающего трубопровода или подающего и обратного трубопроводов, в зависимости от места расположения расширительного бака) с объемом теплообменника-охладителя.

Первым делом определяют объем жидкости в первичном контуре солнечной системы  $V_a$ . Он равен сумме объемов компонентов первичного контура.

$$V_a = V_{\text{rohr}} + V_{\text{wt}} + V_{\text{koll}} + V_{\text{fv}}, \text{ где}$$

$V_a$  – объем первичного контура в литрах;

$V_{\text{rohr}}$  – объем трубопровода в литрах (включая арматуру);

$V_{\text{wt}}$  – объем теплообменника в литрах;

$V_{\text{koll}}$  – объем коллектора в литрах;

$V_{\text{fv}}$  – необходимый объем жидкости для компенсации уменьшения объема, вызванного снижением температуры в литрах.

Необходимый объем жидкости  $V_{\text{fv}}$  составляет 4% объема системы, но не менее 3 л.

### Пример

Солнечная система состоит из двух плоских коллекторов Vitosol 200-F (Тип SV), бивалентного водонагревателя Vitocell 100-B (300 л), трубопровода гелиоконтур 30 м, медная труба 15 x 1:

$$V_{\text{rohr}} = 4 \text{ л};$$

$$V_{\text{wt}} = 10 \text{ л};$$

$$V_{\text{koll}} = 3,66 \text{ л};$$

$$V_{\text{fv}} = 3 \text{ л (минимум)};$$

$$V_a = 4 \text{ л} + 10 \text{ л} + 3,66 \text{ л} + 3 \text{ л}.$$

Объем установки  $V_a$  составляет 20,66 л.

Второй этап – определение увеличения объема теплоносителя  $V_e$ , которое возникает вследствие температурного расширения теплоносителя в жидком состоянии.

$$V_e = n \cdot (t_1 - t_0) \cdot V_a, \text{ где}$$

$V_e$  – увеличение объема в литрах;

$n$  – коэффициент температурного расширения в 1/К;

$t_1$  – максимальная температура теплоносителя в °С;

$t_0$  – минимальная температура теплоносителя в °С;

$V_a$  – объем гелиоконтура в литрах.

В качестве минимальной температуры принимается -20 °С, в качестве максимальной (в рабочем состоянии) – 130 °С. Это значение задается на регуляторе системы как температура коллектора  $T_{\text{max}}$ . При превышении этого значения установка отключается и переходит в режим стагнации.

При разности температур 150 К коэффициент температурного расширения теплоносителя Viessmann ( $\beta$ ) составляет 0,13.

$$V_e = \beta \cdot V_a, \text{ где}$$

$V_e$  – увеличение объема в литрах;

$\beta$  – коэффициент температурного расширения;

$V_a$  – объем гелиоконтура в литрах.

### Пример

Для солнечной системы, рассматриваемой в примере:

$$V_a = 20,66 \text{ л};$$

$$\beta = 0,13;$$

$$V_e = 0,13 \cdot 20,66 \text{ л}.$$

Увеличение объема теплоносителя вследствие температурного расширения составляет 2,69 л.

Для определения объема пара в трубопроводе необходимо учитывать объем 1 п. м трубы.

Рис. В.3.5-8 Объем трубопроводов

Медная труба	12 x 1 DN10	15 x 1 DN13	18 x 1 DN16	22 x 1 DN20	28 x 1,5 DN25	35 x 1,5 DN32	42 x 1,5 DN40
Объем в л на 1 п. м трубы	0,079	0,133	0,201	0,314	0,491	0,804	1,195
<b>Гофрированная труба из нержавеющей стали</b>	<b>DN16</b>						
Объем в л на 1 п. м трубы	0,25						



Теперь, после определения необходимого объема жидкости для компенсации уменьшения объема, вызванного снижением температуры в мембранном расширительном баке  $V_{fv}$ , и увеличения объема теплоносителя вследствие температурного расширения  $V_e$ , определяем общий объем пара  $V_d$ . Он рассчитывается по объему коллектора  $V_{koll}$  и объему трубопровода, подвергаемого воздействию пара,  $V_{drohr}$ .

Для определения объема пара в трубопроводе  $V_{drohr}$  длина трубопровода, подвергаемого воздействию пара, умножается на удельный объем трубопровода на 1 погонный метр (см. рис. В.3.5-8):

$V_{drohr}$  – объем трубопровода на 1 погонный метр ·  $L_{drohr}$ , где

$V_{drohr}$  – объем пара в трубопроводе в литрах;

$L_{drohr}$  – длина трубопровода, подвергаемого воздействию пара.

**Пример**

Для примера рассчитаем солнечную систему с медной трубой 15 x 1. Получаем:

Удельный объем на 1 п.м = 0,133 л/м;

$L_{drohr} = 11,18$  м;

$V_{drohr} = 0,133$  л/м x 11,18 м.

Таким образом, объем пара  $V_{drohr}$  составляет 1,487 л.

Общий объем  $V_d$  можно определить следующим образом:

$$V_d = V_{koll} + V_{drohr} (+ V_{kk}), \text{ где}$$

$V_d$  – общий объем пара;

$V_{koll}$  – объем коллектора;

$V_{drohr}$  – объем пара в трубопроводе в литрах

$V_{kk}$  – объем теплообменника-охладителя в литрах.

**Пример**

Для установки, используемой в качестве примера:

$V_{koll} = 3,66$  л;

$V_{drohr} = 1,487 (+ V_{kk})$ ;

$V_d = 3,66$  л + 1,487 л (+  $V_{kk}$ ).

Таким образом, общий объем пара  $V_d$  составляет 5,143 л.

Для мембранного расширительного бака необходимо учитывать коэффициент давления, определяемый следующим образом:

$$Df = \frac{p_e + 1}{p_e - p_o}, \text{ где}$$

$Df$  – коэффициент давления;

$p_e$  – максимальное давление в системе на предохранительном клапане в барах, то есть 90% давления срабатывания предохранительного клапана;

$p_o$  – исходное давление в системе в барах, то есть 0,1 бар на 1 м статической высоты плюс 1 бар необходимого избыточного давления в коллекторе.

**Пример**

Для системы с предохранительным клапаном на 6 бар статическое давление должно составлять 1,5 бара (статическая высота – 15 метров), а исходное давление – 2,5 бара.

$p_e = 5,4$  бара;

$p_o = 2,5$  бара;

$$Df = \frac{5,4 \text{ бара} + 1}{5,4 \text{ бара} - 2,5 \text{ бара}}$$

Таким образом,  $Df$  составляет 2,21.

Расчет объема мембранного расширительного бака выполняется по формуле:

$$V_{mag} = (V_d + V_e + V_{fv}) \cdot Df.$$

**Пример**

Для нашего примера:

$V_d = 5,147$  л;

$V_e = 2,69$  л;

$V_{fv} = 3$  л;

$Df = 2,21$ ;

$$V_{mag} = (5,147 \text{ л} + 2,69 \text{ л} + 3 \text{ л}) \cdot 2,21.$$

Минимальный объем мембранного расширительного бака  $V_{mag}$  составляет 23,9 л.

Если для поддержания давления применяется автоматическая станция, то  $Df = 1$ .

**Примечание**

Весь процесс расчета мембранного расширительного бака и необходимой мощности теплообменника-охладителя см. в таблице Excel на [www.viessmann.com](http://www.viessmann.com).

### Примечание

В современных высокопроизводительных коллекторах нецелесообразно предотвращать испарение теплоносителя с помощью повышения давления.

### Примечание

Солнечные системы Viessmann обычно работают с предохранительными клапанами на 6 бар. В насосных узлах Viessmann Solar-Divicon такой клапан уже установлен. Он допускает работу в гликолевых контурах при температурах не выше 120 °С.

### В.3.5.3 Предохранительный клапан

Задачей предохранительного клапана в гелиоконтуре является защита системы от превышения максимального давления. Это максимальное давление определяется по значению давления для компонента системы с минимальным допустимым давлением.

Предохранительный клапан рассчитывается в соответствии с EN 12976 и 12977, то есть должен соответствовать тепловой производительности коллектора или гелиополя и отводить максимальную производительность (оптический коэффициент полезного действия  $\eta_0 \times 1000 \text{ Вт/м}^2$ ) (см. рис. В.3.5-9).

Можно использовать только предохранительные клапаны, рассчитанные на давление не более 6 бар и температуру 120 °С и имеющие в маркировке букву «S» (от слова «Solar», то есть «солнечный»). Такие предохранительные клапаны не могут использоваться непосредственно на генераторе теплоты (на коллекторе), но должны устанавливаться на обратном трубопроводе солнечной системы, за обратным клапаном, по направлению течения теплоносителя. Температура в месте установки не должна превышать 120 °С.

### В.3.5.4 Приемная емкость

Используемый Viessmann теплоноситель не токсичен и расщепляется биологически. Тем не менее, на продувочном трубопроводе предохранительного клапана следует устанавливать приемную емкость. Приемная емкость должна быть рассчитана на то, чтобы в случае необходимости принять весь теплоноситель, находящийся в системе.

В небольших солнечных системах в качестве приемной емкости часто используется упаковочная тара теплоносителя. При этом необходимо учитывать, что температура вытекающего теплоносителя может достигать и даже превышать температуру плавления обычных полипропиленовых канистр (около 130 °С). При падении давления теплоноситель может вытекать в виде пара. Для защиты приемной емкости в ней должен находиться резервуар объемом не менее 10 процентов объема установки. Хотя такое решение не полностью исключает разрушение приемной емкости и вытекание теплоносителя, оно приемлемо с точки зрения снижения такой опасности.

В больших солнечных системах приемная емкость для хранения теплоносителя изготавливается из листовой нержавеющей стали. Листовая оцинкованная сталь не пригодна для хранения гликольсодержащего теплоносителя.

Размер предохранительного клапана определяется размерами гелиополя.

Рис. В.3.5-9 Предохранительный клапан

Площадь апертуры м <sup>2</sup>	Размер клапана (диаметр патрубка) DN
до 40	15
до 80	20
до 160	25

Рис. В.3.5-10 Приемная емкость



В больших солнечных системах применяются приемные емкости из нержавеющей стали с крышкой, на которую рекомендуется наносить маркировку.

Во избежание появления загрязнений (брызг) при срабатывании клапана резервуар закрывается крышкой.

Для облегчения промывки и наполнения приемной емкости необходимо установить вентиль в нижней части приемной емкости.





## C Выбор и расчет солнечной системы

Основой проектирования солнечных систем теплоснабжения является правильный выбор схемы системы. При выборе солнечной системы необходимо учитывать характер теплопотребления и теплотехнические характеристики здания.

В этой главе, прежде всего, будут рассмотрены особенности конструирования гелиополя. Мы детально остановимся на различных требованиях к распределению теплоносителя и покажем, как можно минимизировать расходы на солнечную систему на этапе проектирования.

Мы подберем компоненты для различных солнечных систем и разьясим специфические требования к ним. Покажем основные этапы проектирования и поясним их на примере схемы конкретных установок.

Кроме того, мы коснемся дополнительных возможностей использования солнечной энергии для теплоснабжения и комбинаций с другими возобновляемыми источниками энергии.

В заключение мы расскажем о программе для расчета солнечных систем ESOP и этапах моделирования с ее помощью.

### 100 C.1 Проектирование гелиополя

- 101 C.1.1 Схемы подключения одноконтурных гелиополей
- 102 C.1.2 Схемы подключения многоконтурных гелиополей
- 105 C.1.3 Подключение коллекторных панелей с разной ориентацией

### 106 C.2 Расчет солнечных систем

- 107 C.2.1 Расчет солнечной системы горячего водоснабжения
- 119 C.2.2 Расчет солнечной системы для поддержки системы отопления
- 126 C.2.3 Особенности использования солнечных систем в производственном секторе
- 127 C.2.4 Подогрев воды в плавательных бассейнах
- 132 C.2.5 Охлаждение с использованием солнечной энергии
- 134 C.2.6 Высокотемпературное использование

### 136 C.3 Комбинации с регенеративными источниками теплоты

- 137 C.3.1 Солнечные системы с котлами на биомассе
- 138 C.3.2 Солнечные системы с тепловыми насосами

### 140 C.4 Расчет солнечной системы с помощью программы ESOP



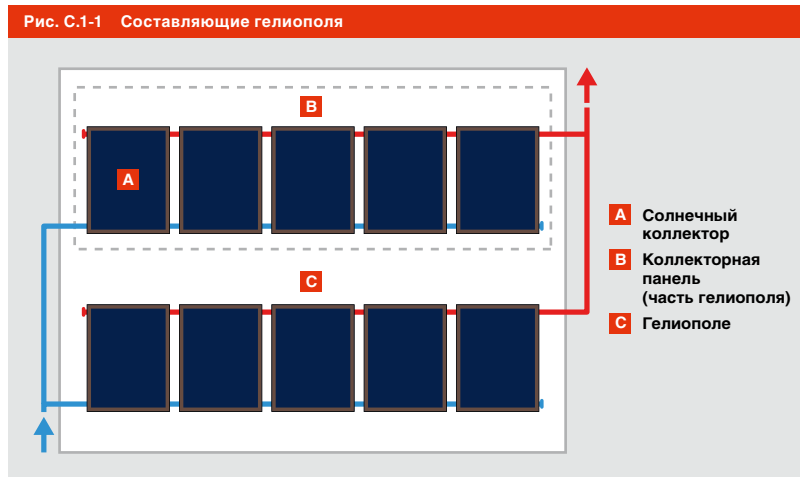


### Проектирование гелиополя

Котельные установки и тепловые насосы занимают немного места и позволяют получить практически любое необходимое количество теплоты, а с помощью солнечных систем это невозможно. Удельная производительность солнечных систем сравнительно мала, поэтому повышение производительности всегда означает соответствующее увеличение площади коллектора.

Если производительность солнечной системы необходимо удвоить, нужно удвоить и площадь коллектора. Невозможно изготовить коллектор любого размера, поскольку существуют определенные требования к монтажу и существуют пределы прочности материалов. Поэтому большие солнечные системы всегда представляют собой соединение множества отдельных коллекторов. Это требует тщательного проектирования гелиополя и расчета распределения теплоносителя в нем.

Комплектующие элементы для соединения коллекторов Viessmann позволяют гибко реагировать на самые разнообразные требования, предъявляемые к гелиополю, как в плане размеров, так и в плане их размещения на крыше.



### С.1.1 Схемы подключения одноконтурных гелиополей

В одноконтурных гелиополях коллекторная панель непосредственно соединена с подающим и обратным трубопроводом.

Существует много вариантов подключения коллекторов внутри коллекторной панели. Плоские коллекторы Vitosol позволяют объединить в одну коллекторную панель до двенадцати коллекторов. Они могут подключаться как с одной, так и с двух сторон.

Вакуумированные трубчатые коллекторы Vitosol 200-T можно объединять в коллекторные панели площадью до 15 м<sup>2</sup>. Их также можно подключать с одной или с двух сторон. При двухстороннем подключении верхний патрубок в коллекторе закрыт заглушкой и не соединяется с трубопроводами, он используется для одностороннего подключения (см. рис. С.1.1-3).

Вакуумированные трубчатые коллекторы Vitosol 300-T можно объединять в коллекторные панели площадью до 15 м<sup>2</sup>. Этот тип коллектора можно подключать только с одной стороны.

Для всех типов коллекторов должен обеспечиваться описанный в главе В.3.1 требуемый объемный расход теплоносителя в литрах/(ч · м<sup>2</sup>).

При одностороннем подключении потери давления в гелиополе из вакуумированных трубчатых коллекторов Vitosol 300-T площадью 15 м<sup>2</sup> достигают 220 мбар.

Рис. С.1.1-1 Одноконтурное гелиополе



Рис. С.1.1-2 Варианты подключения коллекторов в гелиополе (плоский коллектор)

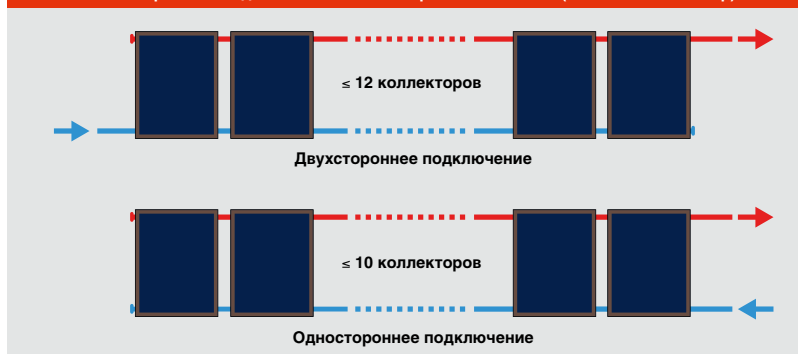


Рис. С.1.1-3 Варианты подключения коллекторов в гелиополе (Vitosol 200-T)

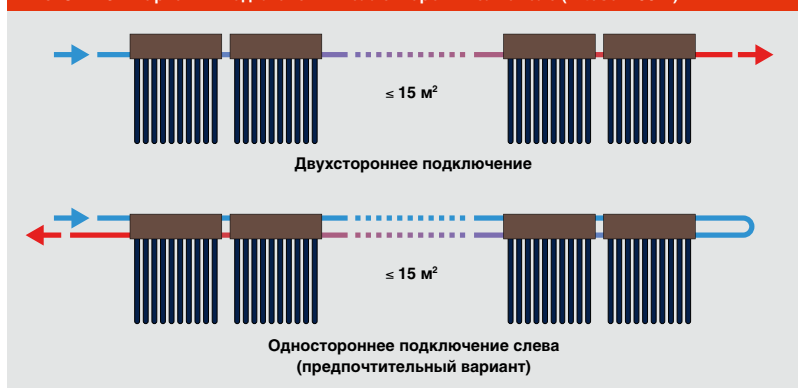
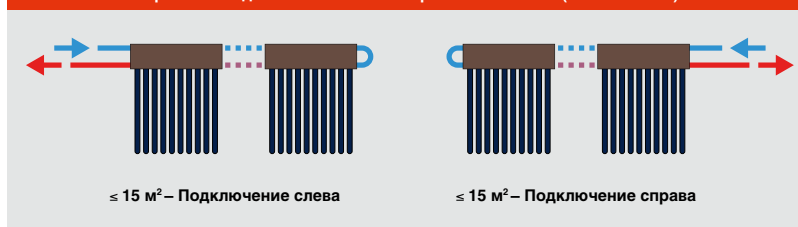


Рис. С.1.1-4 Варианты подключения коллекторов в гелиополе (Vitosol 300-T)





## С.1 Проектирование гелиополя

Рис. С.1.2-1 Схемы многоконтурных гелиополей (с одинаковыми коллекторными панелями)



Если коллекторные панели многоконтурного гелиополя имеют одинаковые размеры, можно отказаться от балансировочного клапана в случае подключения трубопроводов по Тихельманну.

### С.1.2 Схемы подключения многоконтурных гелиополей

#### Примечание

В схеме Тихельманна трубопроводы между коллекторной панелью и водонагревателем прокладываются таким образом, чтобы сумма длин подающего и обратного трубопровода до каждого коллектора была одинаковой.

Описанные в главе С.1.1 коллекторные панели могут объединяться в многоконтурные гелиополя.

В случае, когда все коллекторные панели имеют одинаковый размер, одинаковое подключение и одинаковые потери давления, то нет необходимости применять балансировочный клапан. Коллекторные панели подключаются параллельно, соединительный трубопровод прокладывается по схеме Тихельманна. При проектировании гелиополя необходимо всегда учитывать максимально допустимое количество коллекторов.

Если, например, при определении размеров гелиополя получилось 17 коллекторов, то их количество сокращают до 16, чтобы получить две коллекторные панели одинакового размера по 8 коллекторов.

Если коллекторные панели гелиополя необходимо разделить из-за недостаточных площадей для размещения, используют два гелиополя из параллельно включенных коллекторных панелей. Потери давления должны составлять около 100 мбар. Если коллекторные панели одинакового размера имеют потери давления такого порядка, то при соединении по схеме Тихельманна применение балансировочных клапанов не требуется.

#### Примечание

Размещение балансировочных клапанов по течению один за другим не оправдало себя.

Многоконтурные гелиополя с разными коллекторными панелями (имеется в виду разного размера, разного подключения и с разной потерей давления) необходимо увязывать между собой. Клапаны устанавливаются рядом друг с другом, по возможности, непосредственно после ответвления. Это облегчает увязку, поскольку позволяет осуществлять увязку одновременно.

Рис. С.1.2 Схемы подключения многоконтурных гелиополей



Для увязки контуров гелиополя разного размера и обеспечения надежной циркуляции применяются балансировочные клапаны.

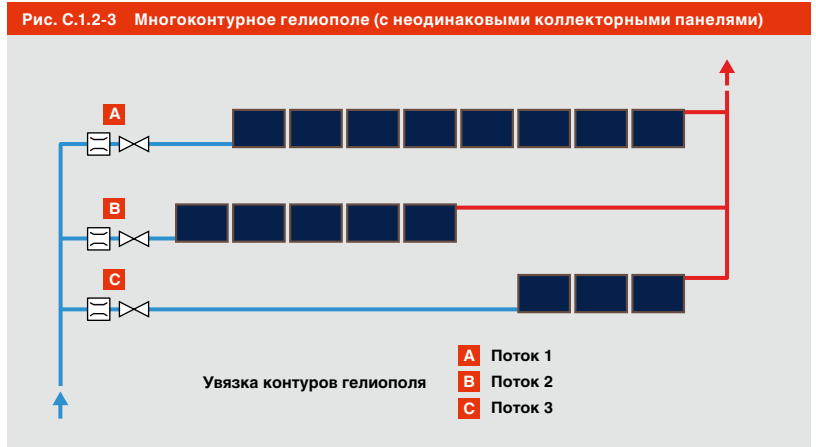
Если в многоконтурном гелиополе с разными контурами, например, верхняя коллекторная панель имеет такой же размер, как сумма двух нижних, но потери давления будут разными, то и работать эти контуры будут по-разному, поэтому потребуется их гидравлическая увязка (см. рисунки С.1.2-2 и С.1.2-3).

Необходимо проверить все варианты подключения коллекторных панелей. Среди них следует выбрать тот, который позволит отказаться от увязки контуров гелиополя. Для многоконтурного гелиополя с разными коллекторными панелями (см. рис. С.1.2-3) существует альтернативный вариант, обеспечивающий подключение без применения балансировочного клапана: обе нижние коллекторные панели последовательно соединяются между собой и параллельно подключаются к верхней коллекторной панели (см. рис. С.1.2-4).

**Монтаж гелиополя**

Наряду с проектированием, решающее значение имеет профессиональный монтаж солнечной системы. Гидравлические режимы работы больших гелиополей очень сложны. Необдуманное применение тройников, отводов или поворотов трубопроводов может нарушить гидравлический режим работы контуров, подключенных по схеме Тихельманна.

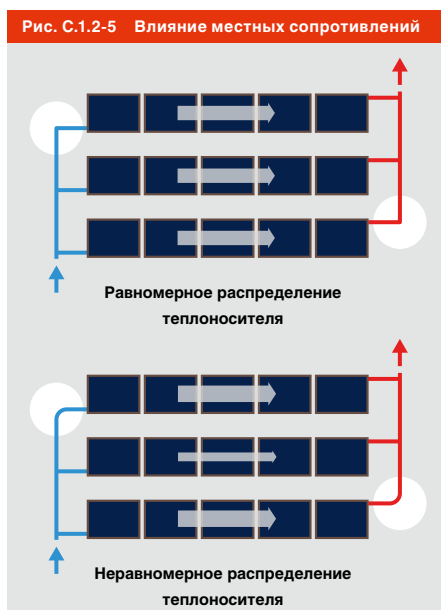
Даже небольшие отличия в потерях давления могут привести к неравномерному распределению теплоносителя в коллекторных панелях или контурах гелиополя.



При неравных коллекторных панелях необходимо увязать потоки в каждом контуре гелиополя.



Параллельное подключение коллекторных панелей



Можно отказаться от использования балансировочных клапанов при гидравлически увязанных контурах.

## С.1 Проектирование гелиополя

Рис. С.1.2-6 Скорость теплоносителя в контурах гелиополя



Для обеспечения необходимой скорости теплоносителя расчет диаметра соединительных трубопроводов выполняется по значению расчетного расхода теплоносителя в каждом контуре гелиополя.

### Трубопроводы и арматура для подключения коллекторных панелей

Для обеспечения надежного удаления воздуха диаметры трубопроводов для подключения коллекторных панелей рассчитываются на скорость потока от 0,4 до 0,7 м/с.

В многоконтурных гелиополях для заполнения каждого контура необходимо предусмотреть возможность удаления воздуха. Для этого не нужен автоматический (быстродействующий) воздухоотводчик, достаточно ручного. При выборе типа воздухоотводчика необходимо помнить о высоких температурах в первичном контуре солнечной системы.

Для ввода в эксплуатацию и проведения технического обслуживания различные контуры гелиополя должны отключаться. Если коллекторная панель или ее часть полностью отключается с помощью запорной арматуры, то в результате она отделяется от предохранительных устройств (предохранительного клапана и мембранного расширительного бака), поэтому необходимо обеспечить защиту от случайного отключения (съёмная или опломбированная запорная арматура). Для отключения отдельных контуров необходимо предусмотреть возможность слива теплоносителя из них.

Ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание коллекторных панелей будут облегчены, если в подающий трубопровод каждого контура будет установлен датчик температуры. Для коллекторов Viessmann он входит в состав принадлежностей для монтажа коллекторов.

С помощью погружного датчика температуры можно измерить температуру теплоносителя в подающем трубопроводе каждого контура во время работы солнечной системы. Поскольку температура в обратном трубопроводе каждого контура одинакова для всех контуров, можно по отклонению температуры в подающем трубопроводе сделать вывод о расходе теплоносителя в каждом контуре гелиополя. VDI 6002, часть 1, допускает отклонение расхода между коллекторными панелями не более чем на 10 процентов. Результаты измерений и технического обслуживания должны протоколироваться.

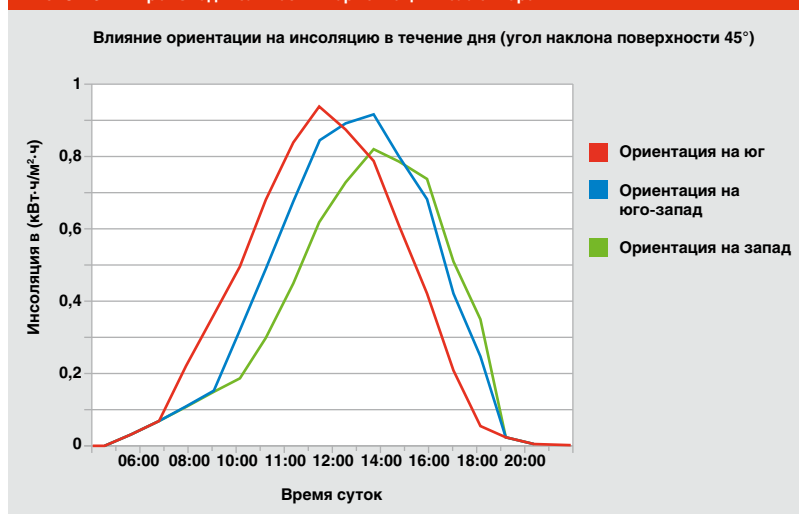
Для постоянного контроля возможно оснащение отдельных контуров гелиополя стационарно установленными датчиками температур.

### Примечание

Показания датчика температуры гелиополя не позволяют делать выводы о правильности функционирования всех коллекторных панелей, поскольку датчик измеряет температуру смеси теплоносителей из различных контуров и невозможно определить влияние каждого контура на температуру смеси.

Влияние различной ориентации коллекторных панелей настолько мало, что в небольших солнечных системах является допустимым.

Рис. С.1.3-1 Производительность и ориентация коллектора



### С.1.3 Подключение коллекторных панелей с разной ориентацией

Здание может диктовать, где и с какой ориентацией устанавливать различные коллекторные панели. При расположении коллекторных панелей на различных скатах крыши необходимо решить, будет ли гелиополе работать как единое целое или коллекторные панели будут использоваться раздельно (с собственным насосом или как полностью независимая солнечная система). Для оценки влияния ориентации необходимо рассчитать инсоляцию на поверхность коллектора с различной ориентацией.

На рисунке С.1.3-1 показана почасовая инсоляция в течение суток на площадь с наклоном 45°. Можно заметить, что кривые расположены очень близко друг к другу.

Чем меньше угол наклона, тем ближе друг к другу располагаются кривые (см. главу А.1).

Для небольших солнечных систем, для повышения эксплуатационной надежности и снижения затрат на монтаж, рекомендуется не разделять гелиополя, если они не смещены относительно друг друга больше, чем на 90°. Небольшую потерю

мощности, возникающую вследствие циркуляции теплоносителя в коллекторной панели, которая не освещается солнцем, можно считать приемлемой по сравнению с другими преимуществами. При использовании вакуумированных трубчатых коллекторов потери мощности еще более незначительны, поэтому допускается отклонение коллекторных панелей до 180 °С. В этом случае датчик излучения следует размещать посередине между коллекторными панелями.

То же касается и коллекторных панелей с различными углами наклона. Если, например, одна коллекторная панель установлена на фасаде, а одна на крыше, их также можно использовать совместно.

Для коллекторных панелей с различной ориентацией и разными углами наклона кривая производительности обоих контуров рассчитывается с помощью программы. Только на основании расчета можно определить производительность и другие показатели работы солнечной системы. Viessmann окажет всестороннюю поддержку при расчете и проектировании.

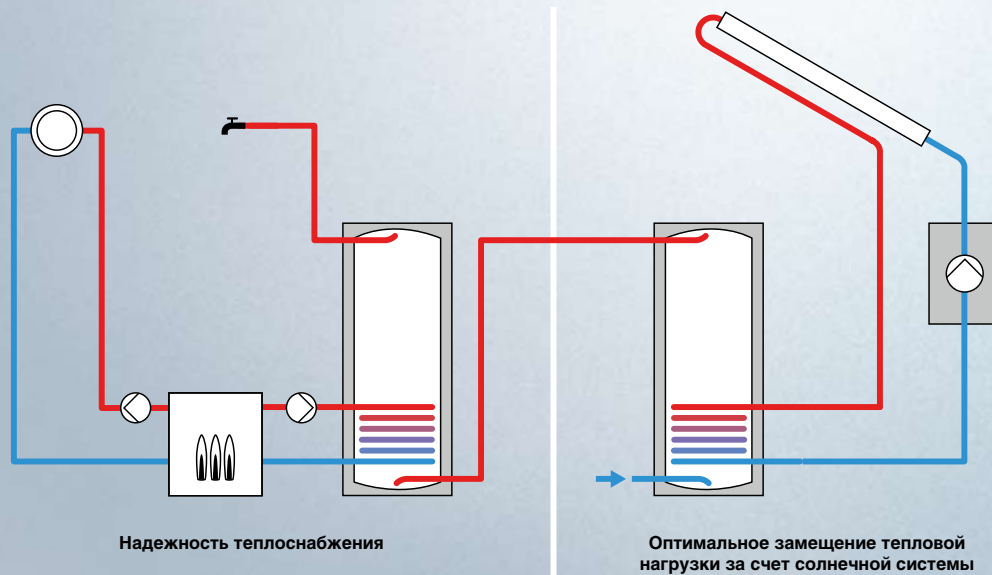


Рис. С.2-1 Солнечные системы теплоснабжения работают с дополнительными источниками теплоты. При этом обеспечивается замещение части тепловой нагрузки за счет солнечной системы.

## Расчет солнечных систем

Если основные функции компонентов солнечной системы теплоснабжения известны, то их можно подобрать. В следующих разделах мы рассмотрим действующие при этом правила и практический опыт.

Как и при подборе любого другого оборудования для системы теплоснабжения, при проектировании солнечной системы, прежде всего, определяют цель расчета. Поскольку солнечная система почти всегда является частью бивалентной установки, целью, по существу, является определение доли нагрузки системы теплоснабжения, покрываемой за счет солнечной энергии (доля замещения тепловой нагрузки), то есть желаемое с точки зрения энергетической потребности соотношение между солнечной энергией и традиционной.

Исходными параметрами для расчета доли солнечной энергии является количество теплоты, вырабатываемое соответствующими источниками теплоты за определенный период времени, как правило, за год (обратите внимание: количество теплоты, а не мощность источников).

Приведенные далее указания по проектированию относятся только к части системы теплоснабжения, работающей на солнечной энергии. В наших климатических условиях (как Германии, так и в Украине) солнечная система без дополнительного источника теплоты не может обеспечить надежное теплоснабжение. Часть системы теплоснабжения, подключенная к традиционному источнику энергии, рассчитывается независимо от солнечной системы.

Тем не менее, взаимодействие между различными источниками теплоты имеет важнейшее значение для достижения максимальной эффективности системы в целом и, следовательно, для эффективного энергосбережения.

### Примечание

Примеры принципиальных схем для различных типов солнечных систем можно найти в проектной документации Viessmann.

### C.2.1 Расчет солнечной системы горячего водоснабжения

#### Определение потребления горячей воды

Для определения потребления горячей воды следует различать максимальное потребление на одного потребителя и расчетное потребление:

- максимальное потребление на одного потребителя является основным показателем для обеспечения надежности горячего водоснабжения, в соответствии с ним выбирают объем емкостного водонагревателя и определяют мощность котла (по DIN 4708);
- расчетное потребление является основой для выбора оптимальной нагрузки солнечной системы. Таким образом, средний ожидаемый расход воды на горячее водоснабжение в летние месяцы и является основной величиной для расчета солнечной системы горячего водоснабжения.

Определяемое по DIN 4708 максимальное потребление, как правило, в 2 раза выше фактического. Для проектирования системы горячего водоснабжения необходимо, по возможности, измерять расход воды на ГВС в течение длительного времени. Однако это не всегда осуществимо. Если невозможно определить точные данные для одного потребителя, то расход оценивается следующим образом.

В коттедже среднесуточный расход воды на горячее водоснабжение на человека выше, чем в многоквартирном доме. Для расчета можно принимать значение расхода 30 л на человека при температуре 60 °С. В многоквартирном доме, согласно VDI 6002 часть 1, рекомендуемое значение составляет 22 л на человека при температуре 60 °С.

#### C.2.1.1 Солнечные системы горячего водоснабжения с высокой долей замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии (одно- и двухквартирные дома)

Целью расчета солнечной системы горячего водоснабжения в одно- и двухквартирных домах является покрытие годовой нагрузки на горячее водоснабжение за счет солнечной энергии на 60 процентов. Летом достигается практически полное расчетное покрытие нагрузки на ГВС за счет солнечной энергии. Неиспользуемые излишки теплоты находятся в допустимых пределах, потребитель использует солнечное тепло и в течение длительного времени обходится без догрева воды с помощью отопительного котла. С технической и экономической точки зрения более высокая доля покрытия нагрузки на горячее водоснабжение за счет солнечной энергии в одноквартирном доме нецелесообразна.

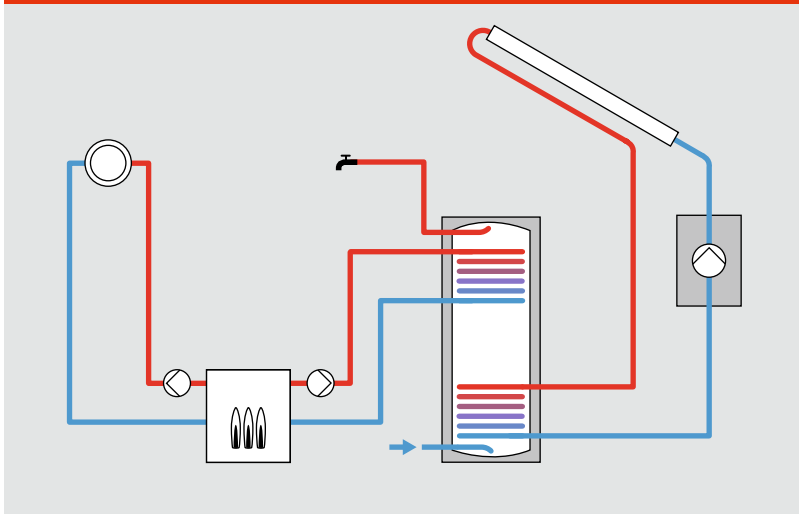
Для достижения высокой доли покрытия нагрузки на горячее водоснабжение за счет солнечной энергии (до 60 процентов) емкостный водонагреватель солнечной системы должен содержать количество воды, равное удвоенному ожидаемому дневному потреблению на горячее водоснабжение. Размеры коллектора солнечной энергии определяются из расчета, чтобы весь объем емкостного водонагревателя за солнечный день (около 5 полных солнечных часов) нагревался до 60 °С. Это позволит обеспечить нагрузку на горячее водоснабжение в следующий день с более слабой инсоляцией. С этой точки зрения определяют соотношение между объемом водонагревателя и площадью коллектора.

#### Примечание

Если солнечная энергия аккумулируется в питьевой воде, то водонагреватель длительное время не подогревается котельной установкой. При этом необходимо проводить термическую дезинфекцию воды в водонагревателе. Это обязательно следует учитывать при проектировании солнечной системы.

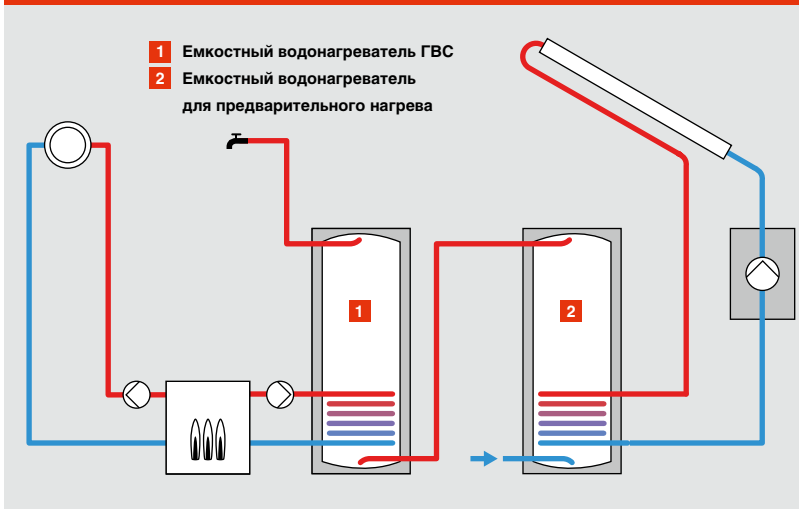
## С.2 Расчет солнечных систем

Рис. С.2.1-1 Солнечная система с бивалентным емкостным водонагревателем (одноквартирный дом)



При новом строительстве рекомендуется использовать бивалентные емкостные водонагреватели для горячего водоснабжения.

Рис. С.2.1-2 Солнечная система с дополнительным емкостным водонагревателем (одноквартирный дом)



При модернизации системы ГВС емкостный водонагреватель солнечной системы может также работать как моновалентный водонагреватель для предварительного нагрева воды.

### **Солнечные системы с емкостными водонагревателями**

Солнечные системы могут оснащаться бивалентным емкостным водонагревателем (рекомендуется при новом строительстве или полной реконструкции) либо моновалентным водонагревателем для предварительного нагрева в реконструируемых системах горячего водоснабжения.

Материал, из которого изготовлен водонагреватель, не влияет на его расчет.

В Центральной Европе в безоблачный солнечный день инсоляция составляет около  $5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  на  $\text{м}^2$  поверхности коллектора. Чтобы аккумулировать это количество энергии, нужно предусмотреть для плоских коллекторов водонагреватель объемом не менее  $50 \text{ л}$  на  $\text{м}^2$  площади коллектора, а для вакуумированных трубчатых коллекторов не менее  $70 \text{ л}$ , если солнечная система используется исключительно для горячего водоснабжения. Эти данные касаются водонагревателей, работающих на солнечной энергии, или части бивалентного водонагревателя, для которой не используется догрев с помощью дополнительного источника теплоты. Та часть бивалентного емкостного водонагревателя, которая подключена к дополнительному источнику (котлу), используется для аккумулирования солнечного тепла только тогда, когда температура в водонагревателе превышает требуемую температуру для включения котла.

В качестве основного соотношения для выбора бивалентных водонагревателей в одно- и двухквартирном доме (с высокой долей покрытия нагрузки на ГВС за счет солнечной энергии) можно принимать – на  $100 \text{ л}$  объема водонагревателя –  $1,5 \text{ м}^2$  плоского или  $1,0 \text{ м}^2$  вакуумированного трубчатого коллектора. Условие: предназначенная для монтажа гелиополя поверхность крыши может иметь отклонение от южного направления не более  $45^\circ$ , а угол наклона крыши должен находиться в пределах от  $25$  до  $55^\circ$ . Потери производительности солнечной системы вследствие неблагоприятной ориентации или наклона крыши компенсируются небольшим увеличением площади коллектора (см. главу В).



Рис. С.2.1-3 Расчет солнечной системы горячего водоснабжения

Количество человек	Потребление горячей воды (60 °C) в литрах	Бивалентный водонагреватель	Моновалентный дополнительный водонагреватель	Коллектор Vitosol-F Количество	Vitosol-T Площадь поверхности	
2	60	300 л	160 л	2 x SV / 2 x SH	1 x 3 м <sup>2</sup>	
3	90			2 x SV / 2 x SH	1 x 3 м <sup>2</sup>	
4	120			2 x SV / 2 x SH	1 x 3 м <sup>2</sup>	
5	150	400 л	200 л	2 x SV / 2 x SH	2 x 2 м <sup>2</sup>	
6	180			3 x SV / 3 x SH	2 x 2 м <sup>2</sup>	
8	240	500 л	300 л	4 x SV / 4 x SH	2 x 3 м <sup>2</sup>	
10	300			4 x SV / 4 x SH	2 x 3 м <sup>2</sup>	
12	360		500 л	500 л	5 x SV / 5 x SH	4 x 2 м <sup>2</sup>
15	450				6 x SV / 6 x SH	3 x 3 м <sup>2</sup>

Данные основаны на потреблении горячей воды – 30 л на одного человека в сутки при температуре 60 °C. Если водопотребление на одного человека больше, выбор компонентов производится по количеству литров горячей воды в сутки.

### Дополнительные потребители

Если к системе ГВС подключена посудомоечная машина (что, как правило, не представляет проблем, см. информацию производителя), в современных машинах это означает увеличение расхода воды примерно на 10 л (60 °C) за один посудомоечный цикл. Если стиральная машина подключена к системе ГВС, то расход увеличивается в среднем на 20 л (60 °C) на одну стирку.

### Факторы, влияющие на долю замещения нагрузки ГВС за счет солнечной энергии

Расчет приводится в соответствии с данными на рисунке С.2.1-3. После определения суточного расхода горячей воды определяем объем емкостного водонагревателя и площадь коллектора. Учитывая, что компоненты солнечной системы имеют определенные размеры, доля замещения нагрузки ГВС за счет солнечной энергии может быть только ориентировочным значением. Доля солнечной энергии зависит от фактического водопотребления и, конечно, как от количества, так и от характера теплотребления. Если пик водопотребления на ГВС приходится, например, на вторую половину дня, то солнечная система имеет большую долю замещения тепловой нагрузки, чем в случае пика водопотребления в утренние часы. В соответствии с характером водопотребления производится регулирование догрева воды котлом по времени.

Дополнительные факторы, такие как местоположение, угол наклона и ориентация гелиополя, оказывают влияние на фактическую долю замещения тепловой нагрузки в небольших солнечных системах, но не влияют на выбор компонентов солнечной системы.

### Пример

Базовая солнечная система: место расположения – г. Вюрцбург (Германия), угол наклона крыши 45°, ориентация – юг, доля замещения нагрузки ГВС за счет солнечной энергии 61%.

При отклонении от базовых данных происходят следующие изменения:

<b>Базовая гелиосистема</b>	<b>61</b>
<b>Угол наклона коллектора 30°</b>	<b>60</b>
<b>Угол наклона коллектора 60°</b>	<b>59</b>
<b>Ориентация на юго-запад</b>	<b>59</b>
<b>Ганновер</b>	<b>53</b>
<b>Фрайбург</b>	<b>68</b>

### Доля замещения тепловой нагрузки на горячее водоснабжение (%)

Как видно из таблицы, влияние дополнительных факторов относительно невелико. Поэтому увеличение или уменьшение компонентов солнечной системы было бы неправильным решением. Таким образом, доля замещения тепловой нагрузки 60 процентов является ориентировочным, но не конечным значением.

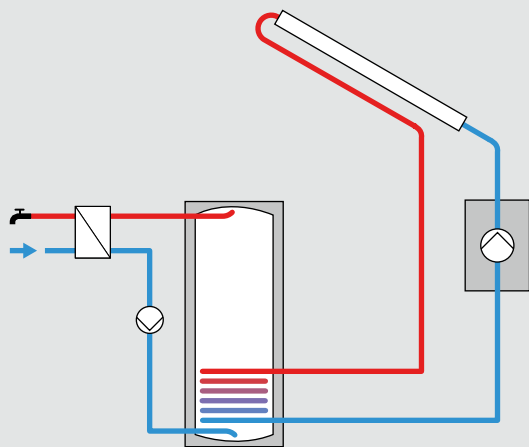
### **Солнечные системы с буферными емкостями и комбинированными водонагревателями**

В одно- и двухквартирных домах комбинированные водонагреватели и буферные емкости используют для подключения системы отопления к солнечной системе. Хотя комбинированные водонагреватели и буферные емкости предназначены для подключения систем отопления, но возможно использовать такие водонагреватели только для подогрева воды на ГВС с помощью солнечной энергии.

Комбинированные водонагреватели и буферные емкости для систем отопления имеют определенные размеры, поэтому они не подходят для небольших солнечных систем горячего водоснабжения. В принципе, для буферных емкостей и

комбинированных водонагревателей действуют те же правила проектирования, что и для емкостных водонагревателей ГВС. Однако применение буферных емкостей и комбинированных водонагревателей ограничено, поскольку их объем велик, а мощность догрева гораздо ниже, чем у емкостных водонагревателей ГВС. Кроме того, при подборе необходимо учитывать потери давления в теплообменниках емкостных водонагревателей. По этой причине нельзя основывать расчет солнечной системы только на количестве потребителей горячей воды. Обязательно необходимо рассчитать различные возможные варианты использования солнечной энергии. Дополнительную информацию можно найти в технической документации на комбинированные водонагреватели и модули для приготовления горячей воды.

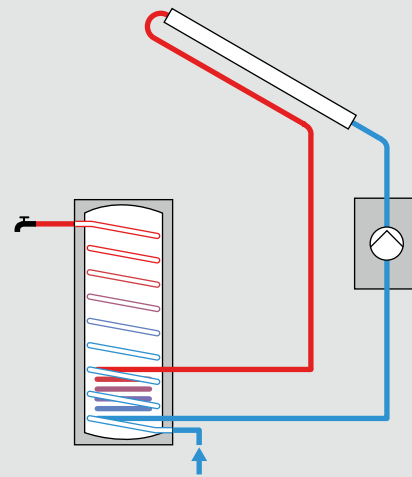
**Рис. С.2.1-4 Солнечная система с буферной емкостью для подключения системы отопления и модулем приготовления горячей воды (одноквартирный дом)**



**Солнечная система с буферной емкостью для системы отопления и модулем приготовления горячей воды**

При аккумулировании солнечной энергии в теплоносителе для системы отопления вода для горячего водоснабжения может нагреваться, например, в модуле приготовления горячей воды.

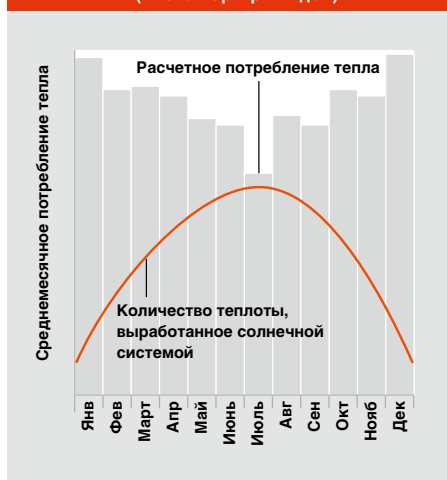
**Рис. С.2.1-5 Солнечная система с комбинированным водонагревателем**



**Солнечная система с комбинированным водонагревателем**

При аккумулировании солнечной энергии для системы отопления в водонагревателе вода для горячего водоснабжения может нагреваться, например, во встроенном теплообменнике комбинированного водонагревателя.

Рис. С.2.1-6 Потребление и выработка теплоты (многоквартирный дом)



### С.2.1.2 Солнечные системы горячего водоснабжения для многоквартирных домов

В многоэтажных домах солнечные системы рассчитывают на максимальную производительность – максимальное количество теплоты с одного квадратного метра коллектора. Площадь гелиополя должна быть рассчитана таким образом, чтобы не было стагнации, другими словами, чтобы не вырабатывался излишек теплоты, который не может быть использован.

Солнечная система рассчитывается на минимальное потребление тепла на ГВС в летний период (месяц с минимальной расчетной тепловой нагрузкой). Поэтому количество теплоты, которое вырабатывается за счет солнечной энергии, полностью потребляется в системе ГВС в любое время года.

Для дальнейших расчетов определяющей величиной является суточный расход горячей воды с температурой 60 °С, в л/м<sup>2</sup> площади коллектора.

Для солнечной системы горячего водоснабжения многоквартирных домов это значение должно приниматься не ниже 60 л горячей воды на квадратный метр площади коллектора. На основании этой величины определяется площадь коллектора.

Если солнечная система оптимизирована по данной величине, доля замещения

Рис. С.2.1-7 Номограмма для расчета (многоквартирный дом)



Для первичной оценки необходимой площади коллектора можно использовать номограмму.

нагрузки на ГВС за счет солнечной энергии ограничивается значением около 35 процентов. Повышение доли солнечной энергии приведет к выработке излишков теплоты и снижению удельной производительности солнечной системы (см. главу В.2).

Расход горячей воды на ГВС в таких системах следует измерять. Если это невозможно, то согласно VDI 6002 часть 1 принимается значение расхода 22 л на человека в сутки при температуре 60 °С.

В результате расчета определяют количество теплоты, необходимое для нагрева воды от 10 до 60 °С, а также площадь коллектора, необходимую для производства такого количества теплоты.

#### Пример

Солнечная система с плоскими коллекторами, 240 человек, измеренный расход 25 л на человека при температуре 60 °С, то есть 6 000 л в сутки.

Для среднего, не пасмурного летнего дня можно на основании коэффициента полезного действия коллектора определить максимальное количество теплоты с одного квадратного метра площади коллектора. Оно составляет:

- для плоских коллекторов – около 3,4 кВт·ч/(м<sup>2</sup> · день)
- для вакуумированных трубчатых коллекторов – около 4,3 кВт·ч/(м<sup>2</sup> · день)

С помощью этого количества теплоты с одного квадратного метра плоского коллектора, при угле наклона 45° и ориентации на юг, можно нагреть 60 – 70 литров воды до температуры 60 °С (для вакуумированных трубчатых коллекторов это количество будет примерно на 25 процентов больше). Отсюда получаем, что для нагрева 6 000 л воды необходима площадь коллектора 100 м<sup>2</sup>.

## С.2 Расчет солнечных систем

При определении площади гелиополя необходимо учитывать форму и размеры монтажной площади. Нужно также учитывать ограничения, вносимые расстояниями от края крыши и между рядами коллекторов (см. главу В.1).



Оптимальную расчетную площадь коллектора необходимо согласовать с размерами и конфигурацией крыши. При расположении коллекторов на крыше следует по возможности использовать коллекторные панели одинакового размера (см. главу С.1).

Чтобы реализовать оптимальную расчетную площадь гелиополя  $100 \text{ м}^2$ , теоретически необходимо было бы использовать 42,9 коллекторов Vitosol 200-F. Поэтому целесообразно произвести корректировку площади гелиополя в соответствии с площадью одного коллектора и возможностью их размещения с учетом компоновки гелиополя из одинаковых коллекторных панелей. И только такая скорректированная площадь гелиополя используется в расчете других компонентов солнечных систем.

### Аккумуляция теплоты

Чем ниже доля замещения тепловой нагрузки, тем меньше времени хранится полученная солнечная энергия в баке-аккумуляторе и тем ниже тепловые потери. График водопотребления на горячее водоснабжение в многоквартирном доме имеет один пик водоразбора утром и один вечером. При небольшой доле замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии, полученная в обеденное время (максимум выработки) теплота должна храниться всего несколько часов, поскольку уже вечером или, самое позднее, на следующее утро она будет израсхо-

вана. Такое кратковременное хранение увеличивает как эффективность работы коллекторов, так и эффективность работы всей солнечной системы.

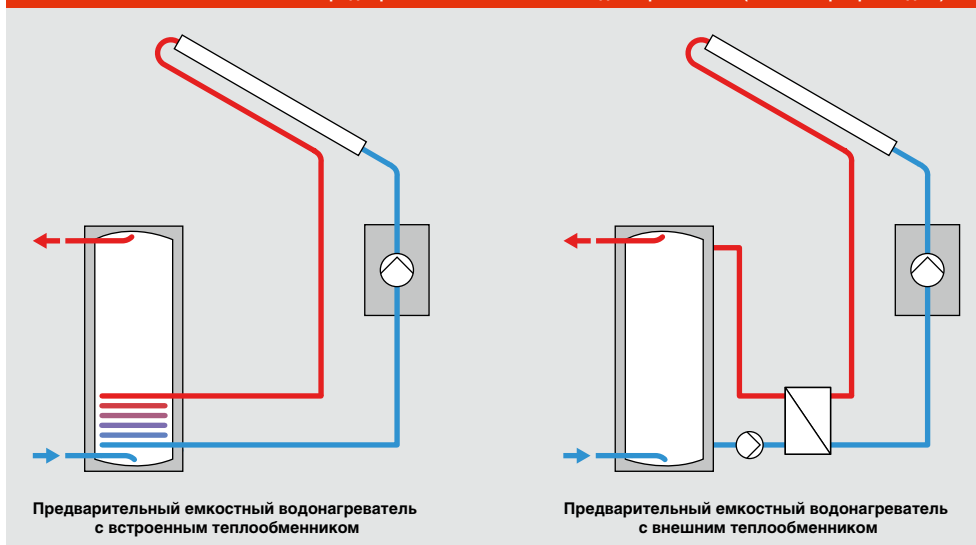
### Солнечные системы с емкостными водонагревателями

Бивалентные емкостные водонагреватели таких больших размеров, какие требуются в данном случае (многоквартирный дом), не существуют и вообще нецелесообразны. Как правило, в системе имеется емкостный водонагреватель для догрева воды на ГВС с помощью дополнительного источника энергии (разгрузочный контур). Перед ним подключен емкостный водонагреватель для предварительного нагрева за счет солнечной энергии (загрузочный контур) – по конструкции аналогичный водонагревателям в небольших солнечных системах (см. рис. С.2.1-2). В больших солнечных системах можно также подключать водонагреватель для предварительного нагрева (предварительный емкостный водонагреватель) через внешний теплообменник.

Объем предварительного емкостного водонагревателя на один квадратный метр площади абсорбера следует принимать: для плоских коллекторов – 50 л, для вакуумированных трубчатых коллекторов – 70 л.

Использование аккумуляции солнечной энергии в горячей воде позволяет

Рис. С.2.1-9 Солнечная система с предварительным емкостным водонагревателем (многоквартирный дом)



**Примечание**  
Предварительный емкостный водонагреватель регулярно не нагревается котельной установкой, как это происходит в емкостном водонагревателе разгрузочного контура, поэтому здесь необходимо предусмотреть термическую дезинфекцию.

также использовать простую концепцию как в небольших, так и в больших солнечных системах. Поскольку содержимое предварительного емкостного водонагревателя должно нагреваться до 60 °C один раз в день, в нем находится только вода, используемая во время утреннего или вечернего пика водопотребления. Утром он должен быть снова полностью охлажден и готов для приема солнечной теплоты. Термическую дезинфекцию лучше производить ближе к вечеру. Перед включением дополнительного источника для догрева воды до температуры 60 °C регулятор проверяет, достиг ли уже предварительный емкостный водонагреватель в течение дня требуемой температуры 60 °C за счет нагрева солнечной энергией.

В этом случае режим догрева емкостного водонагревателя котлом поддается регулятором. На практике емкостные водонагреватели ГВС, используемые для предварительного нагрева, при площади гелиополя до 30 м<sup>2</sup> имеют небольшое преимущество по цене по сравнению с описываемой ниже солнечной системой с буферной емкостью.

**Расчет пластинчатого теплообменника в загрузочном контуре**

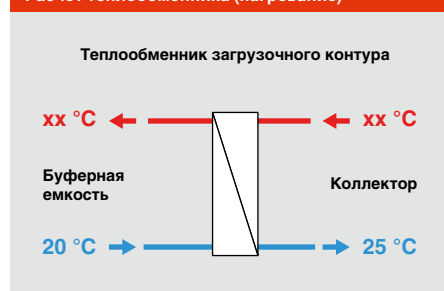
Если мощности встроенных теплообменников недостаточно для передачи солнечной тепловой энергии воде в водонагревателе (см. рис. В.2.5-1), то

для заполнения буферных емкостей для горячего водоснабжения или системы отопления используются пластинчатые теплообменники.

Пластинчатый теплообменник рассчитывается таким образом, чтобы обратный трубопровод первичного контура подавал в коллектор максимально охлажденный теплоноситель. Эта температура должна быть на 5 К выше температуры холодной воды, подаваемой в аккумулятор.

Для определения параметров теплообменника с помощью программы расчета следует задать следующие значения: температура буферной емкости для подключения системы отопления 20 °C (обратная магистраль вторичного контура) и температура перед коллектором 25 °C (обратная магистраль первичного контура). Для первичного контура необходимо ввести соответствующие данные о теплоносителе, во вторичном контуре используется чистая вода. Если нужно ввести максимальную потерю давления,

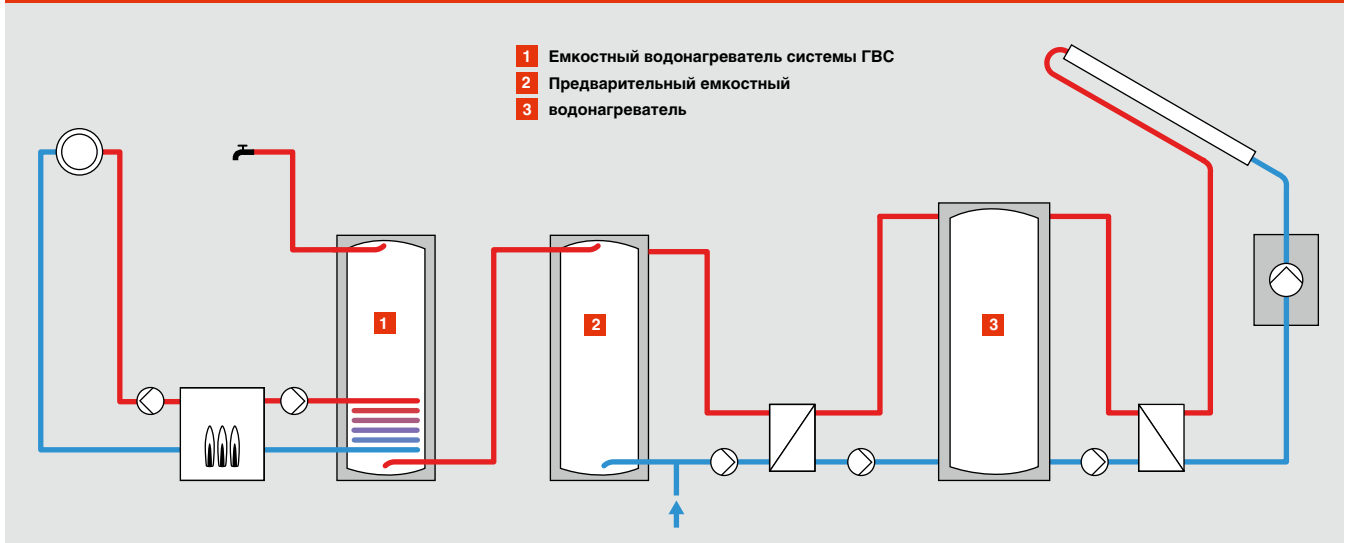
Рис. С.2.1-10 Расчет теплообменника (нагревание)



Рекомендуемые исходные данные при расчете пластинчатых теплообменников.

## С.2 Расчет солнечных систем

Рис. С.2.1-11 Солнечная система с буферной емкостью (многоквартирный дом)



Солнечная энергия передается от коллекторов в буферную емкость (3) через пластинчатый теплообменник. Через второй пластинчатый теплообменник вода для системы ГВС нагревается в предварительном водонагревателе (2), а в емкостном водонагревателе системы ГВС (1) доводится до заданной температуры с помощью отопительного котла.

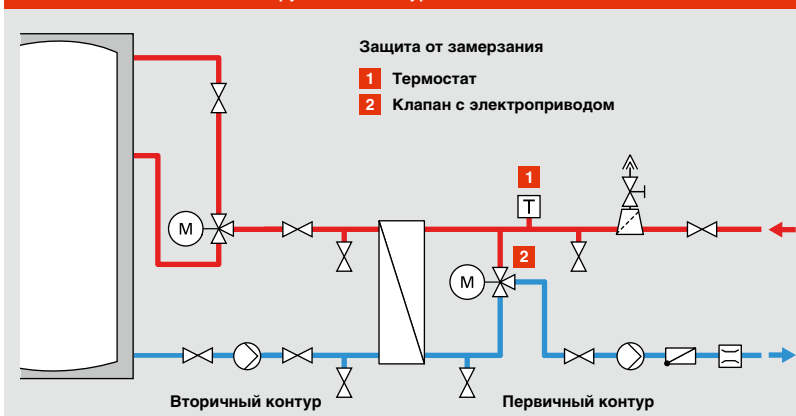
рекомендуется в первом приближении использовать значение 100 мбар. Значения, отмеченные на рис. С.2.1-10 знаком хх, получаются расчетным путем. Для контроля проводят повторный расчет с более высокой потерей давления – в некоторых случаях таким образом можно уменьшить размеры теплообменника. VDI 6002 рекомендует принимать потери давления до 200 мбар. Расчетная мощность гелиополя принимается равной  $600 \text{ Вт/м}^2$  площади апертуры коллектора.

### Солнечные системы с буферными емкостями

При площади коллектора более  $30 \text{ м}^2$  (большие солнечные системы) для аккумуляции солнечной энергии исполь-

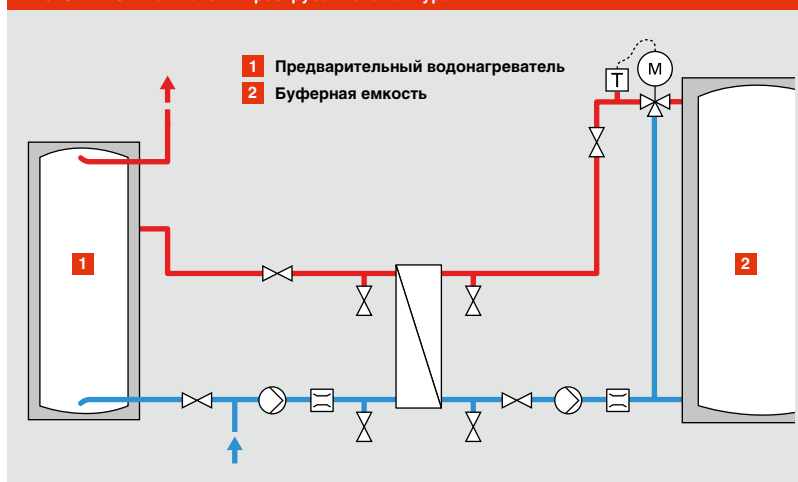
зуются буферные емкости. Для больших солнечных систем установка буферных емкостей более выгодна по цене по сравнению с установкой емкостных водонагревателей. Правда, при этом применяются более дорогостоящие компоненты системы (внешние теплообменники, 2 дополнительных насоса), но все равно использование буферных емкостей благодаря более низкому расчетному давлению и отсутствию необходимости в антикоррозионной защите дает ощутимую разницу в цене. Все компоненты, изображенные на рис. С.2.1-12, будут описаны и определены в главе С.3. В больших солнечных системах есть одна особенность: если трубопроводы первичного контура на крыше длиннее, чем в здании, целесообразно обеспечить защиту от замерзания для внешнего теплообменника. Даже при низких наружных температурах коллектор может вследствие инсоляции иметь более высокую температуру, чем в водонагревателе, но температура теплоносителя в трубопроводах может быть еще очень низкой. Включение насоса в таком состоянии может привести к повреждению теплообменника. Во избежание таких ситуаций в первичном контуре устанавливается термостат и клапан с электроприводом, который открывается только при температуре теплоносителя  $> 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Рис. С.2.1-12 Компоненты загрузочного контура



Для защиты пластинчатого теплообменника во вторичном контуре от повреждения холодным теплоносителем (в первичном контуре) клапан с электроприводом открывается только при температуре  $> 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Рис. С.2.1-13 Компоненты разгрузочного контура



Солнечная теплота из буферной емкости передается через пластинчатый теплообменник в предварительный водонагреватель. Смесительный клапан ограничивает температуру в пластинчатом теплообменнике.

Расчет теплообменника производится так же, как описано в главе «Солнечные системы с емкостными водонагревателями».

**Буферная емкость**

Для уменьшения тепловых потерь буферная емкость должна состоять из одной емкости. Если это невозможно, то для обеспечения загрузки и разгрузки следует подключить последовательно несколько буферных емкостей.

Водонагреватель предварительного нагрева в комбинации с пластинчатым теплообменником в разгрузочном контуре передает солнечную теплоту, аккумулированную в буферной емкости, воде для горячего водоснабжения. Водонагреватель предварительного нагрева не должен иметь слишком большой объем, так как он проходит ежедневную термическую дезинфекцию. На практике его объем должен составлять от 10 до 20 процентов расчетного водопотребления.

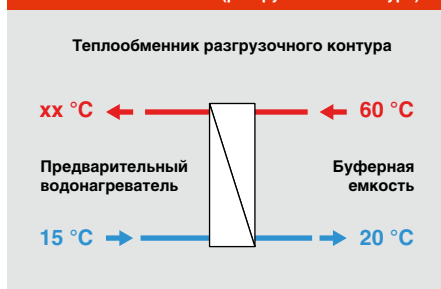
Пластинчатый теплообменник для передачи теплоты из буферной емкости в водонагреватель предварительного нагрева должен рассчитываться таким образом, чтобы обратный трубопровод транспортировал в буферную емкость максимально охлажденную воду – ее температура должна быть на 5 К выше

температуры холодной воды, подаваемой из водонагревателя предварительного нагрева. Значение, отмеченное на рисунке С.2.1-14 значком xx, получают расчетным путем. Необходимо проводить несколько сравнительных расчетов с разными значениями объемного расхода, причем максимальный часовой расход не должен быть меньше 25 процентов суточного водопотребления.

Для контроля достоверности: расчетная мощность примерно на 50 процентов выше мощности теплообменника, если площадь коллектора была рассчитана в соответствии с описанными выше правилами (60 л на м<sup>2</sup> площади абсорбера).

Расчетные значения объемных расходов используются при подборе насосов в разгрузочном контуре.

Рис. С.2.1-14 Расчет теплообменника (разгрузочного контура)



При расчете пластинчатого теплообменника для нагрева горячей воды температура воды в обратном трубопроводе буферной емкости должна превышать температуру холодной воды из предварительного водонагревателя всего на 5 К.



## С.2 Расчет солнечных систем

Рис. С.2.1-15 Таблица расчета контура загрузки и разгрузки

Расчетный расход при температуре 60 °С в л/сутки	Vitosol 200-F		Vitosol 200/300-T (3 м <sup>2</sup> )		Объем в литрах	
	Количество коллекторов	Диаметр трубопровода загрузочного контура DN	Количество коллекторов	Диаметр трубопровода загрузочного контура DN	Буферная емкость	Предварительный водонагреватель
1250	9	20	6	20	900	350
1375	10	20	8	20	900	350
1500	10	20	8	20	1200	350
1625	12	20	9	25	1500	350
1750	12	20	10	25	1500	350
1875	14	20	10	25	1500	350
2000	15	25	10	25	1800	350
2125	15	25	12	25	1800	350
2250	16	25	12	25	1800	350
2375	16	25	12	25	1800	350
2500	16	25	15	32	1800	350
2750	20	25	15	32	2400	350
3000	20	25	16	32	3000	350
3250	22	32	18	32	3000	350
3500	24	32	18	32	3000	350
3750	25	32	20	32	3000	500
4000	30	32	20	32	3900	500
4250	30	32	20	32	3900	500
4500	32	32	24	40	3900	500
4750	34	32	24	40	3900	500
5000	34	32	24	40	3900	500
5625	38	40	28	40	5000	750
6250	42	40	32	50	5000	750
6875	48	40	36	50	6000	750
7500	54	40	40	50	6000	750
8125	54	50	40	50	6000	1000
8750	66	50	44	50	8000	1000
9375	70	50	48	50	8000	1000
10000	70	50	52	50	9000	1000
10625	80	50	56	65*	9000	1000
11250	80	50	56	65*	9000	1500
11875	84	50	60	65*	11000	1500
12500	84	50	64	65*	11000	1500

\* Расчетный диаметр трубопровода. Готовый комплект не поставляется.

### Примечание

В проектной документации Viessmann приведены различные примеры принципиальных схем солнечных систем с большой площадью коллектора.

В таблице дан краткий обзор для выбора узлов загрузки и разгрузки для солнечных систем с большой площадью коллектора.

Для установок с площадью коллектора до 50 м<sup>2</sup> Viessmann предлагает полностью готовые пакеты. Выпускаются также узлы загрузки и разгрузки для солнечных систем с большой площадью коллектора. Их выбор производится по таблице на рисунке С.2.1-15.

### **С.2.1.3 Дополнительные аспекты в солнечной системе**

#### **Термическая дезинфекция**

Для приведенных выше солнечных систем горячего водоснабжения с емкостными водонагревателями необходимо производить термическую дезинфекцию. Эти меры предназначены для профилактики образования бактерий в питьевой воде. Особое внимание уделяется предварительным водонагревателям в больших солнечных системах.

Согласно рабочему бюллетеню Немецкого союза специалистов газо- и водоснабжения W 551 большими считаются системы горячего водоснабжения (не для одно- и двухквартирных домов), с объемом трубопровода (без циркуляционного трубопровода) более 3 л и объемом емкостного водонагревателя более 400 л. При этом подразумевается не объем предварительного водонагревателя, а объем всего емкостного водонагревателя ГВС!

В данных установках температура на выходе из емкостного водонагревателя ГВС, догреваемого котлом, должна составлять 60 °С. Предварительные водоподогреватели должны раз в день доводиться до этой температуры, термическую дезинфекцию должны проходить все встроенные в систему емкостные водонагреватели.


Фирма, выполняющая монтаж установки, должна в обязательном порядке предоставить сервисным организациям информацию о проведении термической дезинфекции.

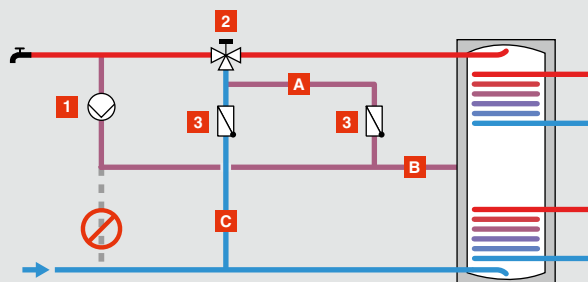
#### **Регулировка догрева**

В больших солнечных системах температура на выходе из емкостного водонагревателя ГВС, догреваемого котлом, должна составлять 60 °С, снижать эту температуру нельзя.

В небольших солнечных системах – особенно с бивалентными емкостными водонагревателями ГВС в многоквартирном доме – регулирование догрева в зависимости от потребности может существенно повысить производительность солнечной системы. Догрев регулируется таким образом: котел не догревает водонагреватель в течение всего дня, если его температура может быть достигнута за счет солнечной системы. Кроме того, можно использовать подавление догрева водонагревателя за счет котла. Для этого регулятор солнечной системы Viessmann следует соединить с регулятором котла.

Рис. С.2.1-16 Подключение циркуляционного трубопровода и смесителя системы ГВС

- А** Подключение циркуляционного трубопровода системы ГВС (летом) для предотвращения перегрева летом
- В** Подключение циркуляционного трубопровода системы ГВС (зимой) максимальная температура не более 60 °С
- С** Подключение трубопровода холодной воды к смесителю ГВС должно иметь минимальную длину, поскольку зимой циркуляция отсутствует
-  **Циркуляционный трубопровод системы ГВС (неправильно)**  
Циркуляционный трубопровод не подключают к трубопроводу холодной воды



1 Циркуляционный насос 2 Смеситель ГВС 3 Обратный клапан

### Присоединение циркуляционного трубопровода

Для экономичной работы солнечной системы особенно важно, чтобы нижняя часть емкостного водонагревателя с холодной водой была готова принимать солнечную теплоту. Циркуляционный трубопровод системы ГВС ни в коем случае нельзя подключать к этой части водонагревателя. Было бы ошибкой в бивалентных водонагревателях присоединять циркуляционный трубопровод системы ГВС к подающему трубопроводу холодной воды. Для подключения циркуляционной линии необходимо использовать патрубок для присоединения водонагревателя к циркуляционному трубопроводу. В противном случае температура воды в нижней части водонагревателя увеличится до температуры циркуляционного трубопровода. Это также относится к регулированию работы циркуляционного насоса с помощью термостатического клапана.

### Смеситель для системы ГВС

В летнее время температуры в солнечных системах, особенно с высокой долей замещения тепловой нагрузки, могут превышать 60 °С. В связи с этим рекомендуется устанавливать смесительный клапан для подмешивания холодной воды. Этот клапан устанавливается между трубопроводом горячей воды и трубопроводом холодной воды. Во избежание нежелательной циркуляции на трубопроводе холодной воды необходимо установить обратный клапан.

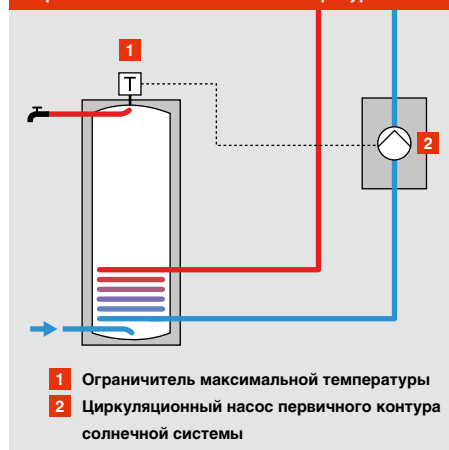
### Ограничение максимальной температуры

Регулятор ограничивает максимальную температуру емкостного водонагревателя и прекращает циркуляцию теплоносителя через коллектор при достижении этой температуры. Неисправность регулирования может привести к тому, что циркуляционный насос будет продолжать работать при высокой инсоляции, в результате чего произойдет повышение максимально допустимой температуры водонагревателя. Это происходит в случае, если количество теплоты, поступающее от коллектора, больше количества теплоты, отводимого в систему ГВС и тепловых потерь водонагревателя и первичного контура. Такая опасность существует, если объем водонагревателя намного меньше 50 л на квадратный метр площади абсорбера.

Во избежание парообразования в системе горячего водоснабжения, в верхней части водонагревателя устанавливают ограничитель максимальной температуры, который при превышении значения 95 °С прекращает подачу электропитания на циркуляционный насос первичного контура.

Во избежание парообразования в системе ГВС в верхней части емкостного водонагревателя устанавливают ограничитель максимальной температуры.

Рис. С.2.1-17 Ограничение максимальной температуры



1 Ограничитель максимальной температуры  
2 Циркуляционный насос первичного контура солнечной системы

### С.2.2 Расчет солнечной системы для поддержки системы отопления

В Германии больше половины солнечных систем, наряду с горячим водоснабжением, частично покрывают нагрузку системы отопления помещений.

Современные здания проектируются таким образом, что солнечная система – с сезонным или частично сезонным аккумулярованием теплоты – покрывает большую часть нагрузки на отопление. Это возможно, если здание имеет очень малое теплотребление, достаточно места для установки бака-аккумулятора объемом более 10 000 л и крышу, ориентированную на юг.

Желаемая экономия теплоты достигается путем согласованности технического решения системы теплоснабжения и архитектуры здания – такие объекты всегда рассматриваются и проектируются комплексно. Поэтому для таких солнечных систем не существует готовых решений. При создании таких проектов Viessmann готов поддержать проектные и коммерческие организации.

В следующих разделах рассматривается использование солнечных систем для поддержки систем отопления как в эксплуатируемых зданиях, так и при новом строительстве, с суточным аккумулярованием теплоты в емкостных водонагревателях объемом до 2 000 л.

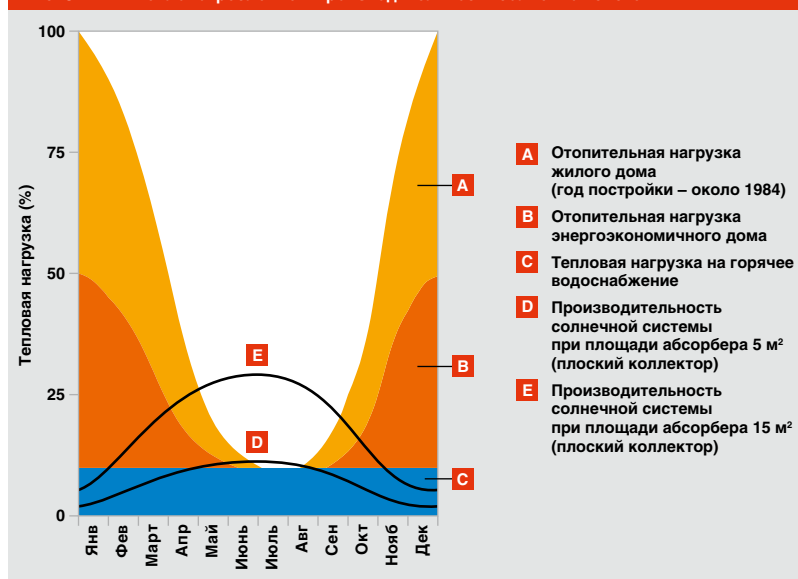
#### Основы расчета

Использование солнечной энергии для горячего водоснабжения носит сезонный характер и по возможности регулируется в соответствии с потребностью в течение года.

При использовании солнечной энергии для поддержки системы отопления теплотребление не соответствует предложению.

Опыт показывает, что заинтересованные лица не всегда правильно оценивают возможности солнечных систем, поддерживающих системы отопления, в существующих зданиях. Поэтому во время проведения консультаций необходимо как можно раньше откорректировать такие ошибочные оценки и прояснить реальные

Рис. С.2.2-1 Теплотребление и производительность солнечной системы



Недостатком солнечных систем для поддержки систем отопления с кратковременным аккумулярованием теплоты являются неиспользуемые излишки теплоты в летнее время.

возможности поддержки систем отопления солнечными системами.

На рис. С.2.2-1 видно, что:

- солнечная система не заменяет традиционный генератор теплоты и не уменьшает его мощность;
- солнечная система должна рассматриваться как составная часть системы теплоснабжения, в которой большое значение имеет эффективность традиционного генератора теплоты. Интеграция регенеративных видов энергии повышает эффективность всей системы теплоснабжения, но не может заменить ее;
- без сезонного аккумулярования возможности использования солнечных систем для поддержки систем отопления ограничены. Если дополнить рисунок кривыми производительности солнечной системы при площади абсорбера 30 или 50 м<sup>2</sup>, станет ясно, что дополнительно полученная энергия большей частью уйдет в летние излишки выработки теплоты солнечной системой;
- каждая солнечная система для поддержки системы отопления летом простаивает в течение долгого времени, если к системе не подсоединены исключительно летние потребители теплоты. Связанное с этим парообразование требует очень тщательного проектирования и монтажа солнечных систем.

### **Определение параметров солнечных систем для поддержки системы отопления**

На практике существует три подхода к определению параметров солнечных систем для поддержки системы отопления.

#### **1. Ориентация на долю замещения тепловой нагрузки**

Базовая величина доли замещения тепловой нагрузки часто вытекает из желания потребителя или его ожиданий, что во многом связано с рекламой. При поддержке системы отопления расчет делается на определенную долю замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии без серьезного рассмотрения реальных возможностей замещения отопительной нагрузки отапливаемого здания. Долю замещения тепловой нагрузки получают в соответствии с проектной тепловой нагрузкой здания, и она мало пригодна для использования в качестве целевой величины.

#### **2. Ориентация на отапливаемую жилую площадь здания**

Вторым подходом является расчет на основании отапливаемой жилой площади здания. Однако, если учесть значительные изменения тепловой нагрузки на отопление в течении года, становится ясно, что общие рекомендации по расчету должны охватывать очень широкий диапазон тепловых нагрузок: интервал рекомендуемой площади коллектора от 0,1 м<sup>2</sup> до 0,2 м<sup>2</sup> на квадратный метр отапливаемой площади означает изменение размеров гелиополя в 2 раза, что усложняет возможность четкого и понятного определения размеров гелиополя. Кроме того, влияние потребности в горячей воде в летний период не учитывается соответствующим образом при проектировании – не существует четкого соотношения между отапливаемой жилой площадью и расходом воды на горячее водоснабжение. Солнечная система, рассчитанная только по отапливаемой площади, в здании с площадью 250 м<sup>2</sup>, где живут два человека, имеет иные характеристики, чем солнечная система в доме, где живет семья из 5 человек.

#### **3. Ориентация на годовой коэффициент замещения**

Viessmann выбирает в качестве оценочного параметра годовой коэффициент замещения всей отопительной нагрузки, включенный в информационные бюллетени Федерального союза немецких промышленников в области домостроительной, энергетической и экологической технологии (BDH), которые можно найти на [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de).

Основой для определения параметров солнечной системы для поддержки системы отопления является тепловая нагрузка в летнее время. Она состоит из тепловой нагрузки на горячее водоснабжение и тепловых нагрузок других потребителей (в зависимости от объекта), которые также могут покрываться солнечной системой, например, для предотвращения конденсации в подвальных помещениях.

Для такого летнего теплоснабжения рассчитывается соответствующая площадь коллектора. Эта площадь коллектора умножается на коэффициент 2 и коэффициент 2,5 – результаты умножения образуют диапазон, в котором должна находиться площадь коллектора для поддержки системы отопления. Точное определение площади гелиополя производится с учетом строительных размеров и проектирования надежного в эксплуатации гелиополя. Если в результате расчета получается, например, семь или восемь коллекторов, а на южном скате крыши площадь достаточно только для семи, то нецелесообразно устанавливать восьмой коллектор на крыше гаража.

#### **Примечание**

Во избежание образования конденсата в холодных помещениях в жаркие дни (например, в подвалах) достаточно, как правило, небольшого повышения температуры в этих помещениях. В среднем многоквартирном доме при обычной высоте подвала достаточно около 0,05 м<sup>2</sup> площади коллектора на квадратный метр площади подвала. Принимаем во внимание, что солнечная система в это время вырабатывает больше энергии, чем необходимо для системы горячего водоснабжения.

#### **Пример**

Для многоквартирного жилого дома рассчитана площадь коллектора для горячего водоснабжения 7 м<sup>2</sup> (плоский коллектор), дополнительное летнее теплоснабжение отсутствует.

Таким образом, площадь коллектора для поддержки системы отопления должна составлять от 14 до 17,5 м<sup>2</sup>. Следует выбрать семь плоских коллекторов с площадью абсорбера по 2,33 м<sup>2</sup>, то есть общая площадь гелиополя составит 16,3 м<sup>2</sup>.

Если в доме с солнечной системой, которая поддерживает систему отопления, имеется необогреваемый плавательный бассейн, то температура в нем может поддерживаться за счет излишков теплоты в летний период, и это никак не повлияет на размеры солнечной системы.

Для солнечных систем, которые кроме поддержки системы отопления предназначены для нагрева воды в крытых или открытых бассейнах, следует учесть указания в главе С.2.4.

Если для солнечной системы с поддержкой системы отопления есть возможность выбора угла наклона коллектора (на плоской крыше или на грунте), следует установить коллектор под углом 60°. Такой несколько больший угол наклона, по сравнению с солнечными системами горячего водоснабжения, дает – наряду с более высокой производительностью в переходный период – меньшие излишки теплоты в летнее время.

Если гелиополе может быть смонтировано только на горизонтальной крыше, с углом наклона < 30°, то поддержка системы отопления плоскими коллекторами нецелесообразна. В этом случае целесообразно использовать вакуумированные трубчатые коллекторы (горизонтальный монтаж), трубки которых могут быть индивидуально ориентированы.

Для определения размеров емкостного водонагревателя в принципе безразлично, оснащена ли система комбинированным емкостным водонагревателем или буферной емкостью для подключения системы отопления. Для того чтобы солнечная система в летнее время могла покрыть нагрузку системы ГВС в течение нескольких дней плохой погоды, нижняя граница объема водонагревателя на квадратный метр площади абсорбера должна составлять 50 л, а оптимальный диапазон – от 50 до 70 л для солнечной системы с плоскими

Для подключения системы отопления используется бак-аккумулятор.

Рис. С.2.2-2 Таблица расчета солнечной системы для поддержки системы отопления (одноквартирный дом)

Количество людей	Потребность в горячей воде с температурой 60 °С в литрах	Объем буферной емкости в литрах	Коллектор	
			Vitosol-F Количество	Vitosol-T Площадь
2	60	750	4 x SV / 4 x SH	2 x 3 м <sup>2</sup>
3	90	750	4 x SV / 4 x SH	2 x 3 м <sup>2</sup>
4	120	750 / 1000	4 x SV / 4 x SH	2 x 3 м <sup>2</sup>
5	150	750 / 1000	4 x SV / 4 x SH	4 x 2 м <sup>2</sup>
6	180	750 / 1000	4 x SV / 4 x SH	4 x 2 м <sup>2</sup>
7	210	1000	6 x SV / 6 x SH	3 x 3 м <sup>2</sup>
8	240	1000	6 x SV / 6 x SH	3 x 3 м <sup>2</sup>

Таблица для выбора компонентов солнечной системы для поддержки системы отопления.

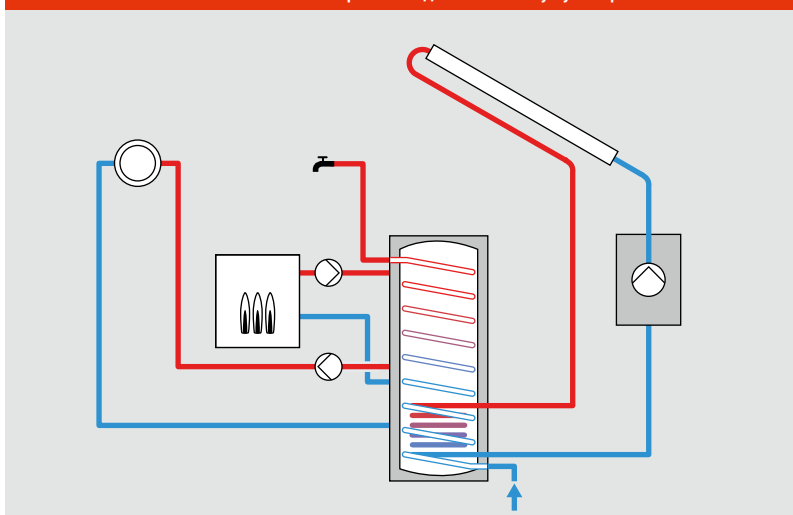
коллекторами. А для солнечной системы с вакуумированными трубчатыми коллекторами этот диапазон составляет от 70 до 90 л на квадратный метр площади абсорбера.

**Конструкция системы**

При конструировании системы теплоснабжения существует две возможности – аккумулировать солнечную энергию или направлять ее в отопительный контур: нагрев бака-аккумулятора или нагрев обратного трубопровода системы отопления.

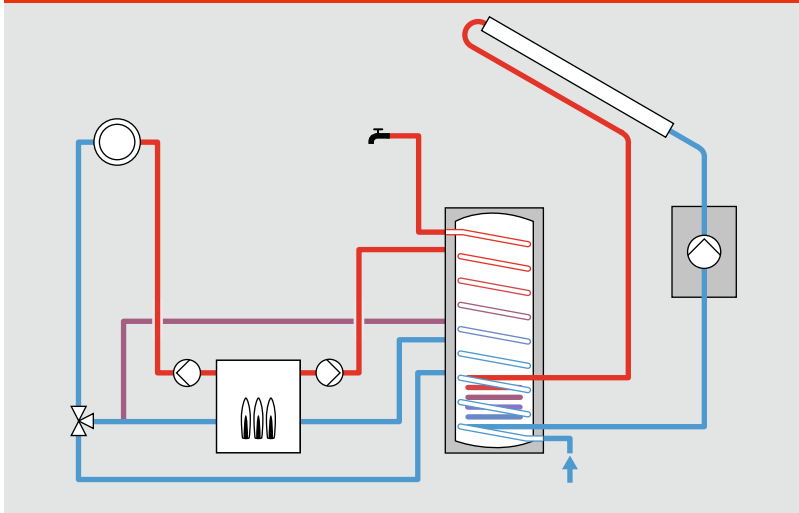
В установках с аккумулированием бак-аккумулятор доводится до температуры подающего трубопровода с помощью солнечной системы или отопительного котла. Отопительный контур подключается через бак-аккумулятор.

Рис. С.2.2-3 Солнечная система с нагревом воды в бак-аккумуляторе



## С.2 Расчет солнечных систем

Рис. С.2.2-4 Система с нагревом обратного трубопровода



В системе с нагревом обратного трубопровода отопительный контур нагревается в котле. Солнечная энергия подводится в отопительный контур, если температура в обратном трубопроводе отопительного контура ниже, чем температура в водонагревателе.

В установках с нагревом обратного трубопровода вода, подогретая за счет солнечной энергии, отбирается тогда, когда температура в водонагревателе выше температуры обратного трубопровода отопительного контура. Если температура воды в подающем трубопроводе недостаточна, подключается котел.

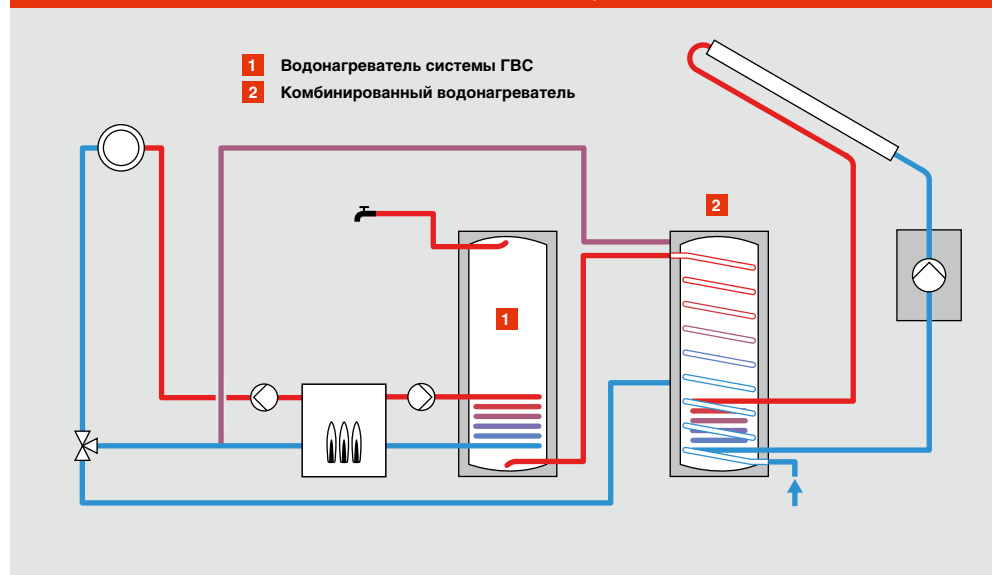
Считается, что в устаревших, работающих с большими теплопотерями котельных установках следует как можно быстрее нагревать буферную емкость системы отопления для предотвращения частых включений горелки котла – это якобы снижает тепловые потери (за счет снижения теплопотерь при остывании в состоянии простоя).

Следует заметить, что такие котельные установки не следует комбинировать с солнечными системами, а следует заменять современными.

В современных генераторах теплоты этот аргумент не действует. Они вырабатывают такое количество энергии, какое необходимо для достижения расчетной температуры в подающем трубопроводе системы отопления. Нагрев емкостного водонагревателя за счет котла повышает потери теплоты, выработанной традиционным способом, – и это независимо от качества тепловой изоляции бака. Кроме того, повышается температура на входе в солнечную систему, что автоматически уменьшает эффективность ее работы. По этой причине Viessmann рекомендует использование схемы с нагревом обратного трубопровода – если не требуется другое схемное решение (например, системы с котлом, работающим на твердом топливе).

Использование только одного водонагревателя имеет свои положительные стороны – малая занимаемая площадь и простота подключения трубопроводов (солнечная система соединяется только с одним водонагревателем). При этом следует учитывать максимальные значения расхода теплоносителя, указанные в техническом паспорте комбинированного емкостного водонагревателя.

Рис. С.2.2-5 Система с дополнительным моновалентным водонагревателем ГВС



Солнечная система с нагревом обратного трубопровода системы отопления может иметь два водонагревателя. Это решение предлагается при большом расходе воды на ГВС или в тех случаях, когда требуется интегрировать дополнительный водонагреватель.



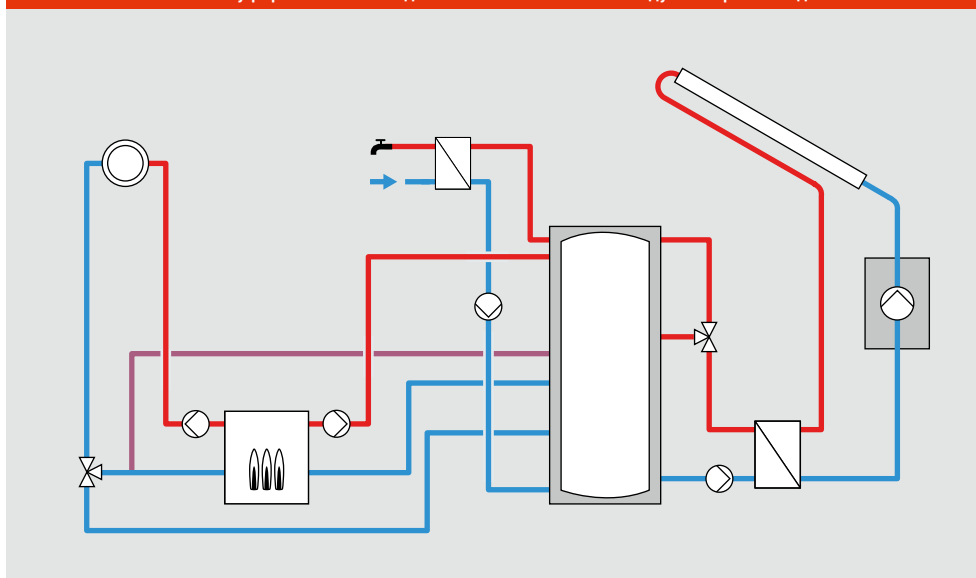
При большом расходе воды на ГВС или когда система ГВС подключена через моновалентный водонагреватель, можно также подключить комбинированный емкостный водонагреватель перед моновалентным водонагревателем, который нагревается котельной установкой.

Вместо комбинированного водонагревателя можно использовать буферную емкость для подключения системы отопления с модулем для приготовления горячей воды на

ГВС. Такие схемы используют для больших солнечных систем, при этом необходимо учитывать максимальную производительность модуля приготовления горячей воды.

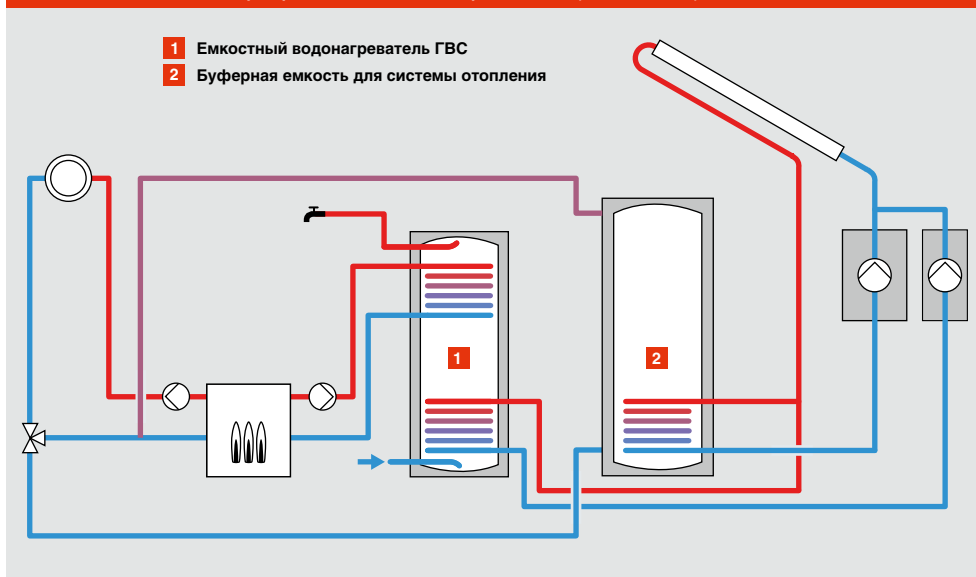
В системах с двумя водонагревателями солнечная система нагревает несколько водонагревателей поочередно, размеры такой системы можно увеличить. В больших солнечных системах бивалентный водонагреватель можно заменить двумя моновалентными.

Рис. С.2.2-6 Система с буферной емкостью для системы отопления и модулем горячей воды



Для больших установок можно реализовать систему с буферной емкостью и модулем горячей воды.

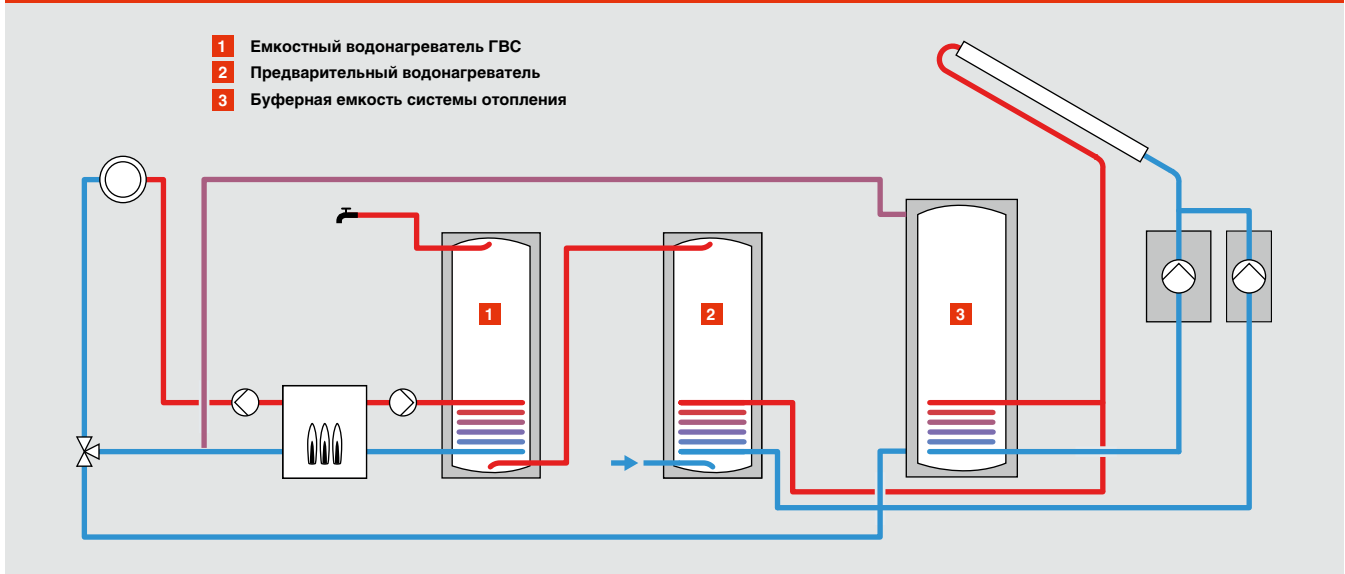
Рис. С.2.2-7 Система с двумя отдельными водонагревателями (бивалентный)



- 1 Емкостный водонагреватель ГВС
- 2 Буферная емкость для системы отопления

В системе с двумя отдельными водонагревателями солнечная энергия аккумулируется в буферной емкости системы отопления и в емкостном водонагревателе ГВС.

Рис. С.2.2-8 Система с двумя водонагревателями ГВС (моновалентными)



В системе с отдельными водонагревателями можно заменить бивалентный емкостный водонагреватель (рис. С.2.2-7) одним моновалентным водонагревателем для предварительного нагрева и одним моновалентным емкостным водонагревателем ГВС.

### **Требования к отопительному контуру**

Частым заблуждением является предположение, что использование солнечной энергии для поддержки системы отопления возможно только для систем напольного отопления (теплых полов). Такое предположение ошибочно. Производительность солнечной системы при радиаторном отоплении в среднем за год всего лишь немного меньше. Причина этого – более высокая температура на входе в солнечную систему, которая всегда определяется температурой в обратном трубопроводе отопительного контура.

При сравнении различных отопительных приборов необходимо иметь в виду, что в переходный период тепловую нагрузку системы отопления должна покрывать в основном солнечная система. Однако в это время отопительные приборы работают не в диапазоне расчетных температур, а обратный трубопровод может иметь более низкую температуру.

Очень важно обеспечить правильное гидравлическое уравновешивание отопительных контуров радиаторов!

### **Солнечные системы и конденсационные котлы**

Другим распространенным заблуждением является утверждение, что солнечные системы не комбинируются с конденсационными котлами. Это также неверно. Правильно то, что солнечная система всегда как первая ступень нагревает холодную воду (для горячего водоснабжения или отопительного контура). Если «догрев» воды должна осуществлять котельная установка, котел в действительности – при повышении температуры горячей воды, например, с 50 °С (предварительный нагрев солнечной энергией) до 60 °С (температура на входе в котел) – уже не работает в режиме конденсации. Хотя без солнечной системы конденсационный котел смог бы работать в конденсационном режиме.

При поддержке системы отопления солнечной системой совместная работа с конденсационным котлом принципиально не влияет на эффективность и эксплуатационную надежность котла. Верно то, что годовой коэффициент полезного действия котла немного падает, зато КПД всей системы – значительно возрастает. Решающим фактором является абсолютная экономия энергии.

### Нагрев нескольких водонагревателей

Если солнечной энергией нагревается не один емкостный водонагреватель, есть несколько вариантов гидравлических схем подключения первичного контура солнечной системы.

#### Схема солнечной системы с двумя насосами

В данной схеме каждый водонагреватель имеет собственный насос на обратном трубопроводе первичного контура солнечной системы. Насосы включаются поочередно. Режим, при котором оба насоса могут также работать параллельно, теоретически возможен, но на практике целесообразен только в редких исключительных случаях. Нужно помнить, что такой режим работы приводит к разным расходам теплоносителя в первичном контуре.

#### Схема солнечной системы с 3-ходовым клапаном

При таком решении насос первичного контура осуществляет нагрев обоих водо-

нагревателей, а теплоноситель, в зависимости от необходимости, с помощью трехходового клапана направляется в разные водонагреватели. Трехходовой клапан устанавливается на обратном трубопроводе, поскольку там он лучше защищен от действия высоких температур.

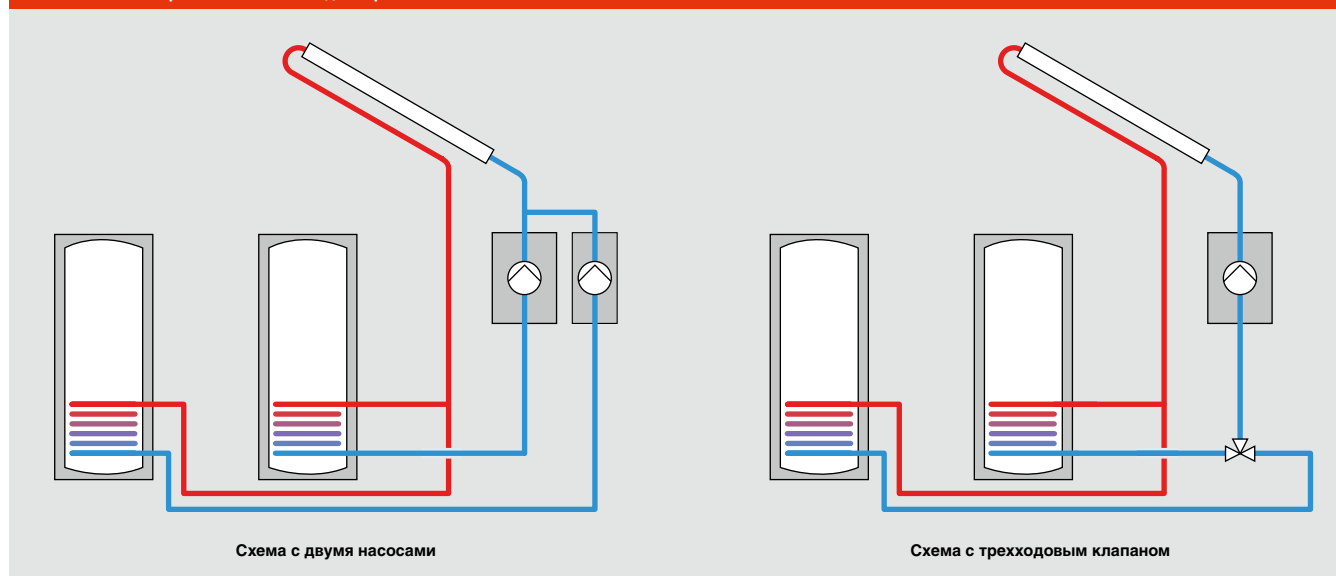
#### Критерии выбора

С точки зрения эксплуатационной надежности солнечной системы и ее экономичности обе схемы аналогичны. При некоторых обстоятельствах схема с трехходовым клапаном более экономична, а схема с двумя насосами потребляет меньше электроэнергии (малые потери давления, отсутствует потребление энергии клапаном). Если производится нагрев более чем двух водонагревателей, то схема с несколькими насосами, как правило, позволяет предложить более «понятную» схему солнечной системы, чем схема с несколькими включенными последовательно трехходовыми клапанами.

#### Примечание

Во многих регуляторах солнечных систем заложены схемы установок, заранее основанные на одной из двух схем. В регуляторах Viessmann заложена схема с двумя насосами. Если требуется другая гидравлическая схема, нужно соответственно изменить настройки регулятора.

Рис. С.2.2-9 Нагрев нескольких водонагревателей



### Примечание

Для промышленного применения не существует стандартных схем солнечных систем, поэтому они всегда требуют тщательного проектирования в зависимости от объекта.

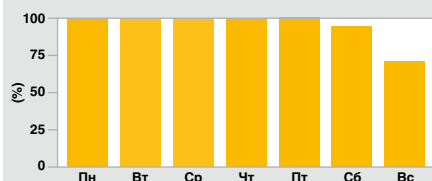
### С.2.3 Особенности использования солнечных систем в производственном секторе

Рассчитанные выше примеры относятся к покрытию нагрузки системы горячего водоснабжения и поддержке системы отопления в жилых домах. Графики теплопотребления и режимы работы системы отопления в производственном секторе сильно отличаются от жилищного сектора, что необходимо учитывать при расчете солнечной системы и определении параметров ее отдельных компонентов.

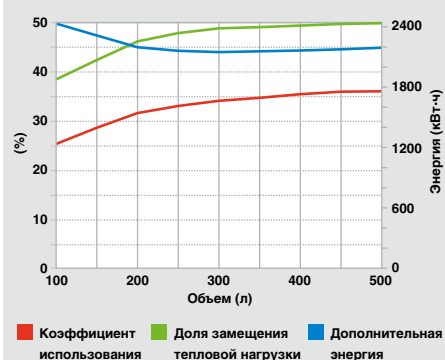
#### Пример

Одноквартирный жилой дом на два человека, расход горячей воды 150 л в сутки, температура 60 °С.

График водопотребления в системе ГВС:



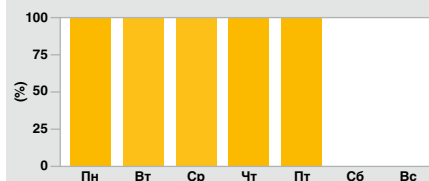
Моделирование для водонагревателей различных объемов при площади абсорбера 4,6 м<sup>2</sup>:



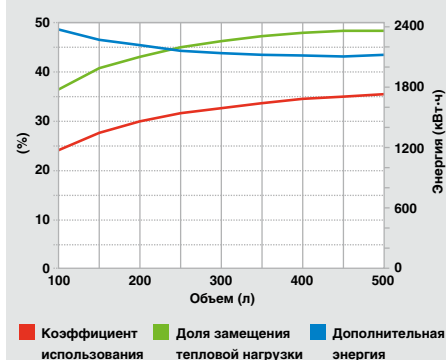
#### Пример

Частная клиника, расход горячей воды 150 л в сутки, температура 60 °С.

График водопотребления в системе ГВС:



Моделирование для водонагревателей различных объемов при площади абсорбера 4,6 м<sup>2</sup>:



В одноквартирном жилом доме расход воды в системе ГВС в будни постоянен, а в выходные немного уменьшается. Графики зависимости для коллектора (см. главу С.4) с площадью абсорбера 4,6 м<sup>2</sup> и водонагревателями с различными объемами показывают, что доля замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии и коэффициент использования солнечной системы, начиная с объема водонагревателя 300 л, ощутимо не возрастает, и экономия теплоты достигла максимума. То есть,

солнечная система с водонагревателем объемом 300 л рассчитана правильно.

В частной клинике рост доли замещения тепловой нагрузки за счет солнечной энергии, коэффициента использования и экономии энергии при переходе от объема водонагревателя 300 л к объему 400 л уже заметен, хотя площадь абсорбера и график суточного водопотребления соответствуют примеру с одноквартирным жилым домом.

Благодаря увеличению объема водонагревателя горячая вода, произведенная в выходные дни солнечной системой, будет аккумулирована и использована в начале недели.

Поэтому при расчете солнечной системы важно учитывать не только среднесуточное потребляемое количество горячей воды, но и график водопотребления.

Аналогичные примеры можно рассчитать для поддержки системы отопления – солнечная система, используемая в производственном здании, ведет себя иначе, чем в жилом доме, поскольку в большинстве случаев температура в системе отопления в нерабочее время снижается.

Программа расчета Viessmann ESOP (см. главу С.4) дает возможность составить графики теплоснабжения объекта для расчета солнечной системы.

#### **Низкотемпературные технологические тепловые нагрузки**

При использовании солнечных систем для покрытия низкотемпературных технологических нагрузок следует определить температурный уровень (около 90 °С), которого можно достичь с помощью плоских или вакуумированных трубчатых коллекторов с приемлемым коэффициентом полезного действия.

Многие технологические процессы в промышленной сфере, такие, например, как промывка или обезжиривание, выполняются при относительно низком уровне температур. Эти процессы могут обеспечиваться солнечными системами теплоснабжения, особенно тогда, когда график теплоснабжения относительно равномерен. В некоторых случаях достаточно очень небольших объемов водонагревателя – таким образом, использование солнечной системы позволяет получить достаточно приемлемую стоимость теплоты.

Уже сегодня пивоваренные заводы и другие предприятия пищевой промышленности используют солнечные системы для теплоснабжения технологических процессов.

#### **С.2.4 Подогрев воды в плавательных бассейнах**

Для подогрева воды в открытых бассейнах в летнее время можно использовать неостекленные коллекторы, то есть простые полимерные пленочные коллекторы или шланги. С технической точки зрения, здесь не идет речь о солнечных коллекторах: для полимерных коллекторов и шлангов применяются другие методики испытаний согласно EN 12975. Поэтому результаты испытаний неостекленных абсорберов из полимеров нельзя сравнивать с результатами испытаний остекленных металлических абсорберов.

Такие полимерные абсорберы имеют высокий оптический коэффициент полезного действия, поскольку в них отсутствуют потери в остеклении. Однако из-за отсутствия тепловой изоляции они практически не защищены от тепловых потерь, и теплотери в них, соответственно, высоки. По этой причине они применяются только для систем теплоснабжения, которые работают с очень низкой разностью температур по отношению к окружающей среде, то есть с очень небольшой  $\Delta T$ .

Основная область применения неостекленных коллекторов – открытые бассейны без других подключенных потребителей теплоты – для этого типа нагрузки в летнее время совпадают приход инсоляции и потребность в подогреве воды для бассейна.

В абсорберах для плавательных бассейнов непосредственно циркулирует вода из бассейна. Абсорберы в большинстве случаев укладываются горизонтально, то есть на уровне грунта или на плоских крышах, и крепятся ремнями. Их можно также устанавливать на скатах крыши с небольшим углом наклона. На зиму воду из абсорберов полностью сливают.

Для солнечных систем с комбинированной тепловой нагрузкой – подогрев воды в бассейне, горячее водоснабжение или поддержка системы отопления – простые полимерные коллекторы не пригодны и в дальнейшем не рассматриваются.

## С.2 Расчет солнечных систем



Рис. С.2.4 Открытый бассейн плавательного центра «Посейдон», г. Гамбург

В следующем разделе разъяснено, каким образом теплотребление плавательного бассейна учитывается в расчете солнечных систем с комбинированной тепловой нагрузкой (с остекленными коллекторами).

По теплотреблению плавательные бассейны делятся на три категории, из которых затем можно вывести различные правила их интеграции в общую систему теплоснабжения:

- открытые бассейны без подогрева традиционными источниками теплоты (плавательные бассейны в многоквартирных домах);
- открытые бассейны, в которых поддерживается определенная температура (общественные открытые бассейны, отчасти плавательные бассейны в многоквартирных домах);
- крытые плавательные бассейны (бассейны, в которых для круглогодичного использования поддерживается постоянная требуемая температура, отчасти плавательные бассейны в многоквартирных домах).

Заданной температурой называется минимальная температура, которую всегда должна иметь вода в бассейне. Она обеспечивается котельной установкой. В открытых бассейнах при сильной инсоляции заданная температура может увеличиваться.

### **Открытые бассейны без подогрева традиционными источниками теплоты**

В Центральной Европе открытые бассейны эксплуатируются обычно с мая по сентябрь. Их потребность в энергии зависит от двух видов потерь:

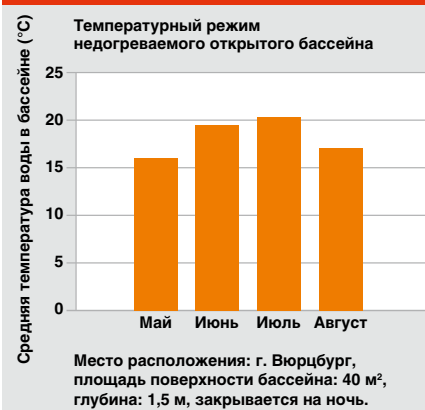
- потери воды из-за утечки, испарения и уноса (имеется в виду количество воды, которое пловец «уносит» с собой при выходе из бассейна) – эти потери должны восполняться в виде холодной воды;
- тепловые потери с поверхности, стенок бассейна и за счет охлаждения при испарении воды.

Потери вследствие испарения можно существенно уменьшить, просто накрыв бассейн, когда им не пользуются – это снижает и теплотребление. Максимальное теплосопотупление происходит непосредственно от солнечного излучения, падающего на поверхность бассейна. Таким образом, вода в бассейне приобретает свою «естественную» базовую температуру – она может считаться средней температурой бассейна в течение всего времени эксплуатации.

Использование солнечной системы позволит увеличить базовую температуру воды в бассейне.

Увеличение базовой температуры зависит от соотношения площади поверхности бассейна и площади абсорбера солнечного коллектора.

Рис. С.2.4-1  
Температура воды в открытом бассейне



Температурный режим в недогреваемом открытом бассейне в результате воздействия инсоляции на поверхность бассейна.

Диаграмма на рис. С.2.4-2 показывает связь между отношением площади поверхности бассейна к площади абсорбера солнечного коллектора и повышением температуры. Из-за сравнительно малых температур коллектора и времени его использования (только летом) применяемый тип коллектора практически не влияет на эти значения.

### Расчет

В качестве базового значения «естественной» средней температуры воды в бассейне в разгар лета принимается температура 20 °С. По опыту известно, что повышения температуры на 3 – 4 К достаточно для достижения более комфортной температуры воды в бассейне. Этого можно достичь с помощью солнечной системы с площадью коллектора, которая равна половине площади поверхности бассейна.

### Открытые бассейны с определенной температурой воды, которая поддерживается с помощью котла

Если вода в бассейне доводится до определенной температуры и поддерживается на этом уровне с помощью обычной отопительной установки, режим работы солнечной системы и ее влияние на температуру воды в бассейне почти не меняется. Солнечная система повышает температуру воды точно так же, как и в неогреваемых бассейнах.

Система теплоснабжения бассейна рассчитана таким образом, что вода нагревается до достижения определенной температуры с помощью котла. Если требуемая температура достигнута, то солнечная система обеспечивает ее поддержку.

В таких бассейнах можно определить необходимую площадь коллектора, отключив котельную установку в солнечную погоду на 48 часов и точно измерив падение температуры. Для надежности измерение проводится два раза. Метод определения площади коллектора аналогичен методу для крытых бассейнов, который будет описан в следующем разделе.

### Крытые бассейны

Крытые бассейны обычно имеют более высокую температуру воды, чем открытые, и эксплуатируются круглый год. Если в течение всего года температура воды в бассейне должна быть постоянной, крытые бассейны должны нагреваться бивалентными системами теплоснабжения. Во избежание неправильного выбора тепловой мощности необходимо измерить потребность бассейна в теплоте.

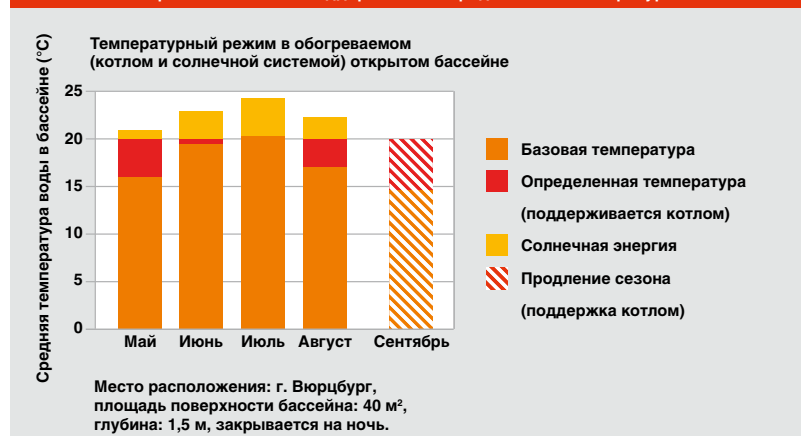
Для этого догрев бассейна прекращают на 48 часов и измеряют температуру в начале и в конце периода измерения. По разности температур и объему бассейна можно рассчитать его суточную потребность в тепло-

Рис. С.2.4-2  
Повышение температуры в открытом бассейне



В открытых бассейнах с защитным покрытием величина расчетной площади абсорбера достигает 50 процентов площади поверхности бассейна.

Рис. С.2.4-3 Открытый бассейн с поддержанием определенной температуры



В открытых бассейнах с определенной температурой, поддерживаемой котлом, температура воды может повышаться за счет нагрева солнечной системой.



те. При проектировании требуется производить расчет необходимого количества теплоты для плавательного бассейна.

### Пример

В безоблачный солнечный день солнечная система в Центральной Европе в среднем вырабатывает для подогрева воды в бассейне 4,5 кВт·ч на м<sup>2</sup> площади абсорбера.

Площадь поверхности бассейна: 36 м<sup>2</sup>.

Средняя глубина бассейна: 1,5 м.

Объем бассейна: 54 м<sup>3</sup>.

Снижение температуры за 48 часов: 2 К.

Суточная потребность в теплоте:

$$54 \text{ м}^3 \cdot 1 \text{ К} \cdot 1,16 \text{ (кВт}\cdot\text{ч/К}\cdot\text{м}^3) = 62,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Площадь коллектора:

$$62,6 \text{ кВт}\cdot\text{ч} : 4,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^2 = 13,9 \text{ м}^2.$$

В первом приближении (для оценки затрат) можно в общем принять средние снижение температуры 1 К в сутки. При средней глубине бассейна 1,5 м<sup>2</sup> это означает, что потребность в теплоте для поддержания требуемой температуры составляет около 1,74 кВт·ч/день на м<sup>2</sup> площади поверхности бассейна. Соответственно, на 1 м<sup>2</sup> площади поверхности бассейна получаем площадь коллектора около 0,4 м<sup>2</sup>.

### Расчет солнечной системы

#### Солнечная система для открытого бассейна

Поскольку бассейн обогревается только в летнее время, в холодное время года солнечная система используется для поддержки системы отопления. Поэтому в данном случае целесообразно использовать солнечную систему для подогрева воды в плавательном бассейне, для системы горячего водоснабжения и для поддержки системы отопления.

Для расчета такой солнечной системы к площади коллектора для обогрева плавательного бассейна добавляют площадь коллектора для системы горячего водоснабжения. Объем емкостного водонагревателя определяется по суммарной площади коллектора. Увеличение площади гелиополя для поддержки системы отопления не требуется.

#### Солнечная система для крытого бассейна

Площадь гелиополя рассчитывается так же, как и для открытых бассейнов (площадь коллектора для подогрева воды в бассейне плюс площадь коллектора для горячего водоснабжения).

Бассейн получает теплоту, выработанную солнечной системой, в течение всего года. Поэтому дополнительное увеличение площади гелиополя для поддержки системы отопления возможно только в том случае, если здесь применяется тот же подход, что и в общем случае для поддержки системы отопления за счет солнечной системы (см. главу С.2.2). Таким образом, площадь гелиополя, рассчитанная на летнее теплоснабжение, увеличивается не менее чем в два раза. Если не учитывать этот коэффициент, то солнечная система в переходный период и в зимнее время будет нагревать только воду в плавательном бассейне.

#### Требования к теплообменникам для плавательных бассейнов

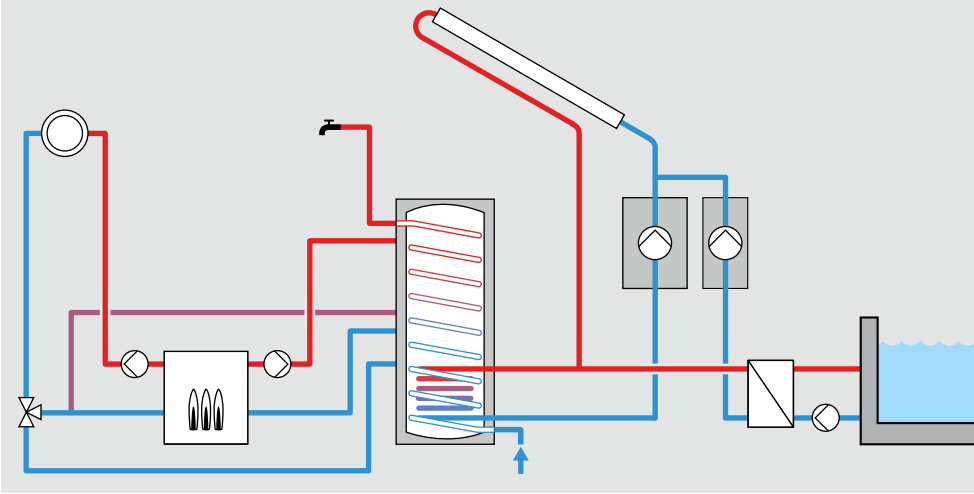
Теплообменник, передающий солнечную теплоту воде в бассейне, должен быть устойчив к воздействию воды в бассейне и иметь небольшие потери давления даже при больших расходах теплоносителя. Обычно используются кожухотрубные теплообменники, а в некоторых случаях могут также использоваться пластинчатые теплообменники.

Из-за невысокой температуры воды в бассейне разность температур между подающим трубопроводом воды из бассейна и обратным трубопроводом теплоносителя от солнечного коллектора не имеет такого решающего значения, как при нагреве воды для системы ГВС или поддержке системы отопления. Однако она не должна превышать 10 – 15 К. В зависимости от установленной площади гелиополя, в программе поставок Viessmann имеются различные кожухотрубные теплообменники, рассчитанные на разность температур 10 К (см. рис. С.2.4-6).

### Примечание

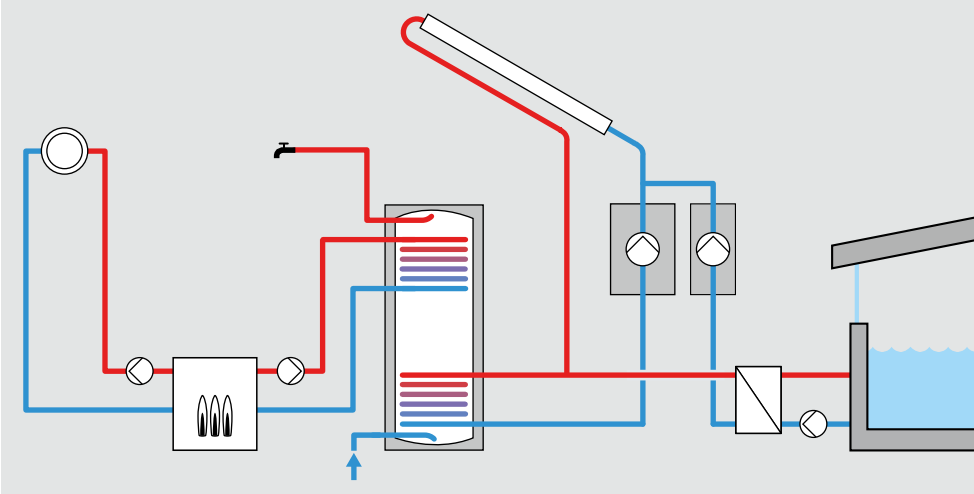
Примеры гидравлических схем со схемами электрических подключений можно найти в проектной документации Viessmann.

Рис. С.2.4-4 Солнечная система для открытого бассейна и поддержки системы отопления



Солнечная система для подогрева воды в открытом бассейне в летнее время может в переходный период и в зимнее время использоваться для поддержки системы отопления.

Рис. С.2.4-5 Солнечная система для крытого бассейна и горячего водоснабжения



Солнечная система для подогрева воды в крытом бассейне использует солнечную теплоту для подогрева воды в бассейне и в переходный период, и в зимнее время.

Рис. С.2.4-6 Теплообменники Viessmann для плавательного бассейна

	Vitotrans 200				
	Номер заказа				
	3003 453	3003 454	3003 455	3003 456	3003 457
Максимальная подключаемая площадь гелиополя Vitosol в м <sup>2</sup>	28	42	70	116	163

В зависимости от подключаемой площади гелиополя, Viessmann предлагает различные теплообменники для плавательных бассейнов.

### С.2.5 Охлаждение с использованием солнечной энергии

В наших широтах в летнее время для кондиционирования воздуха в зданиях (в квартирах, офисах) требуется холод. Необходимость в этом возникает в период года с высокой инсоляцией. Необходимый расход энергии для охлаждения (компьютер, хранение пищевых продуктов и т. п.) в летние месяцы увеличивается.

Наряду с широко распространенными электрическими компрессионными холодильными машинами реализуются также установки с холодильными процессами, использующими тепловую энергию. Для жидких холодоносителей применяются абсорбционные и адсорбционные машины, для использования воздуха в качестве холодоносителя применяются сорбционные установки.

В холодильных машинах, работающих на тепловой энергии, целесообразно использовать солнечную энергию для охлаждения или кондиционирования, поскольку потребность в энергии пропорциональна инсоляции.

За прошедшие годы был реализован целый ряд холодильных установок на солнечной энергии, в которых нашли отображение результаты последних экспериментальных и научных исследований. Использование солнечной энергии для кондиционирования воздуха прошло пилотную фазу и нашло применение в обеспечении комфортных условий в зданиях.

Расчет холодильных установок с использованием солнечной энергии не отличается от расчета обычных систем. Прежде всего, нужно определить холодильную мощность и характер изменения нагрузки здания, а затем определить мощность и тип холодильной машины.

Чаще всего для поддержки систем кондиционирования используют одноступенчатые абсорбционные холодильные машины. На рынке широко представлены машины сравнительно небольших мощностей. Холодоносителем является вода, поглотителем – как правило, бромид лития. Двухступенчатые машины, имеющие гораздо более высокий коэффициент преобразования (COP), не подходят для работы со стандартными коллекторами из-за требуемых высоких температур.

Рис. С.2.5-1 Система кондиционирования с использованием солнечной энергии в Центре исследований окружающей среды в Лейпциге.



Требуемые температуры, в зависимости от производителя и области применения абсорбционной холодильной машины, составляют около  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то есть несколько выше, чем температура теплоносителя в солнечном коллекторе. Поэтому только вакуумированные трубчатые коллекторы пригодны для использования – с плоскими коллекторами требуемых температур можно достичь только с очень низким коэффициентом полезного действия.

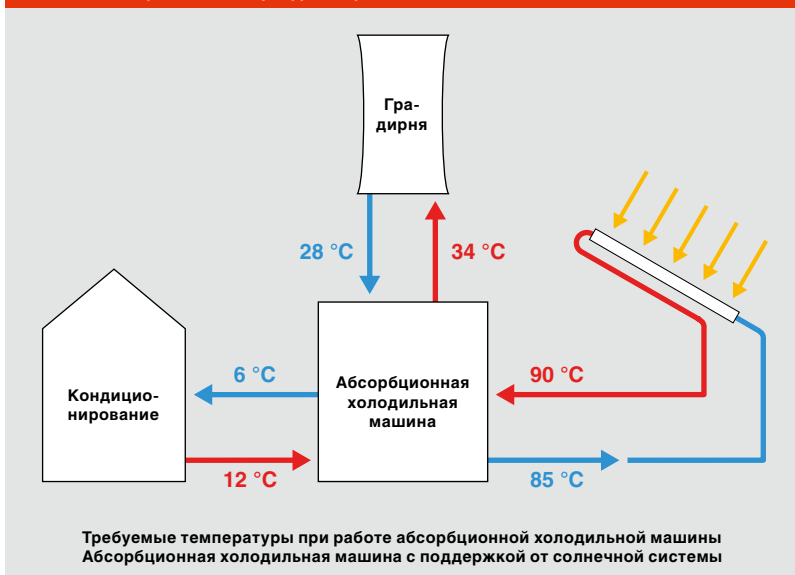
Из-за высоких температур при проектировании необходимо очень тщательно согласовывать мощность и диапазон температур холодильной машины. Установка должна проектироваться для эксплуатации без простоя, то есть абсорбционная холодильная машина должна быть в состоянии непрерывно принимать солнечное тепло. Аккумулирование теплоты на «горячей стороне» осложнено из-за высоких температур.

Для первоначальной оценки затрат можно при коэффициенте преобразования (COP) абсорбционной холодильной машины около 0,7 принять приблизительную площадь коллектора  $3\text{ м}^2$  на 1 кВт мощности охлаждения. Расчетная мощность вакуумиро-

ванных трубчатых коллекторов при таких рабочих температурах принимается всего  $500\text{ Вт/м}^2$ . Если машина позволяет, нужно отказаться от теплообменника в первичном контуре и направлять теплоноситель прямо на абсорбер машины.

Доля солнечной энергии должна составлять более 50 процентов. Если процесс охлаждения рассчитан на очень низкие температуры вследствие использования гелиоустановки, то холодильная машина работает с относительно низким коэффициентом преобразования. Это необходимо учитывать, если теплоноситель должен догреваться: если установка рассчитана на малую долю солнечной энергии, то, соответственно, большое количество теплоты, полученное традиционным способом, преобразуется в холод с малой эффективностью. Поддержку кондиционирования за счет солнечной энергии целесообразно использовать в проектах, где возможно применение моновалентного режима работы за счет солнечной системы.

Рис. С.2.5-2 Уровень температур абсорбционной холодильной машины



Из-за высоких температур, требуемых для работы абсорбционных холодильных машин для производства холода, пригодны только вакуумированные трубчатые коллекторы.

### С.2.6 Высокотемпературное использование

Высокотемпературной технологической теплотой называют уровень температуры, которого невозможно достичь с помощью плоских или вакуумированных трубчатых коллекторов.

Температуры более 100 °С целесообразно получать с помощью солнечных систем с концентрацией солнечного излучения, что повышает плотность потока излучения на абсорбере.

Наиболее простой концентрирующей установкой является так называемая солнечная печь с отражающими зеркалами. Здесь солнечные лучи собираются в фокусе параболического зеркального концентратора, где они нагревают черный матовый резервуар и его содержимое. Кроме приготовления пищи, солнечная печь используется также для дезинфекции питьевой воды.



Рис. С.2.6-1 Олимпийский огонь зажигается солнечными лучами с помощью параболического зеркала.

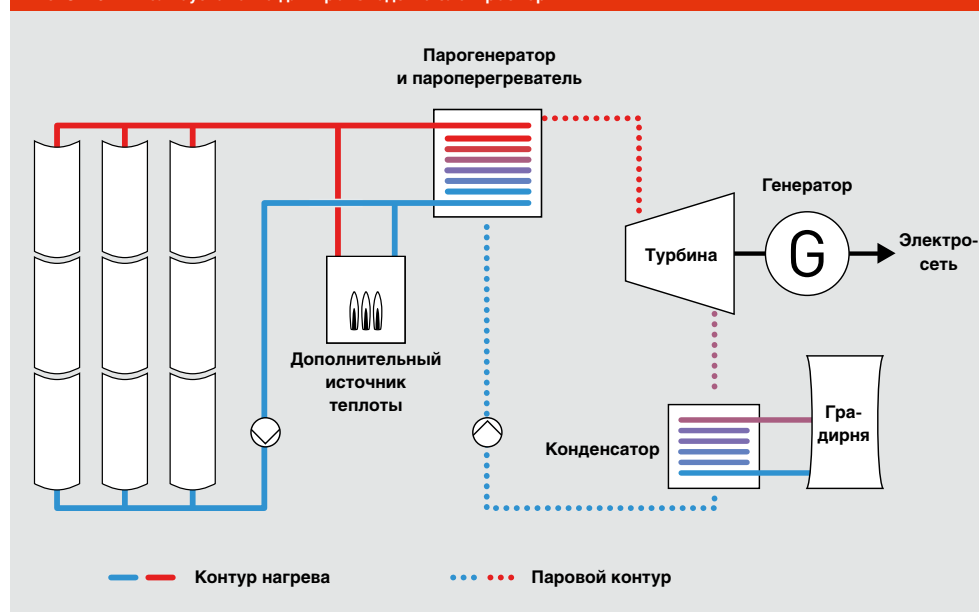
В концентрирующих коллекторах используется только прямое солнечное излучение, рассеянный свет не может отражаться на абсорбер. По этой причине такая техника применяется только в регионах с высокой долей прямого излучения.

Экономически интересно использование концентрирующих систем в больших солнечных системах для производства электроэнергии. Наиболее распространенными являются электростанции с параболическими концентраторами.

В электростанциях такого типа параболические концентраторы устанавливаются параллельно друг другу и поворачиваются вслед за солнцем. В фокусе концентратора располагается вакуумированная труба, в которой находится абсорбер с селективным покрытием, на котором осуществляется 80-кратная концентрация солнечного излучения. По трубке абсорбера протекает термомасляный теплоноситель, который нагревается до температуры около 400 °С. Через теплообменник тепловая энергия передается на паровые турбины, в которых затем вырабатывается электрическая энергия.

В стадии испытаний находятся другие технологии – коллекторы с линзами Френеля и солнечные башенные электростанции.

Рис. С.2.6-2 Гелиоустановка для производства электроэнергии



В регионах с высокой долей прямого солнечного излучения все большее применение для производства электроэнергии находят солнечные тепловые электростанции.





Рис. С.3-1 Аквапарк  
«Камбомаре», Кемптен

## Комбинации с регенеративными источниками теплоты

Потребность в системах теплоснабжения, позволяющих отказаться от нефти и газа, постоянно возрастает, причиной чего является рост цен на топливо. В качестве дополнительного источника теплоты для солнечных систем могут быть использованы тепловые насосы и котлы на биомассе.

Для обеспечения надежности теплоснабжения солнечные системы, как правило, комбинируются с дополнительными источниками теплоты. Основные функции солнечной системы в разных комбинациях не изменяются, однако значительный потенциал существует для оптимизации всей системы теплоснабжения в целом.

Современные газовые котлы и котлы на жидком топливе обеспечивают эффективное сжигание топлива и высокий коэффициент полезного действия. Высокую эффективность также имеют котлы на биомассе и тепловые насосы.



### С.3.1 Солнечные системы с котлами на биомассе

Котлы для сжигания древесины или другого твердого биотоплива имеют довольно большой вес, они изготавливаются из металла и имеют большое водонаполнение. В режиме отопления это не является недостатком – а при нагреве горячей воды для ГВС в летний период коэффициент использования по сравнению, например, с газовым конденсационным котлом, намного ниже: котел должен нагревать очень много стали и воды, чтобы подогреть немного воды для системы ГВС.

Системы теплоснабжения с котлами на биомассе часто комбинируют с солнечными системами, во время отопительного периода работает и котел, и солнечная система, а в летнее время солнечная система работает практически без дополнительного источника теплоты. В переходный период при небольшой потребности в теплоте котел работает аналогично летнему периоду, то есть обеспечение теплом в основном берет на себя солнечная система.

Целесообразно подключение солнечной системы к бивалентному водонагревателю в многоквартирном доме, который отапливается котлом на гранулированном топливе (пеллеты) с автоматической подачей топлива. Расчет производится в соответствии с главой С.2.2.

Системы теплоснабжения с твердотопливными котлами с ручной загрузкой требуют полного сгорания и оснащаются буферной емкостью для подключения системы отопления, объем которой рассчитан на безаварийную работу котла. При этом определение объема буферной емкости всегда выполняется с учетом разности температур между температурой в обратном трубопроводе (температура в буферной емкости не может быть ниже ее) и максимальной температурой в буферной емкости (температура в буферной емкости не может быть выше ее).

Буферная емкость рассчитывается таким образом, чтобы при полном сгорании топлива общее количество энергии могло аккумулироваться в буферной емкости.

Если буферная емкость предварительно нагревается солнечной энергией, ее объем необходимо соответственно увеличить, поскольку начальная температура повышается вследствие предварительного нагрева (при неизменной максимальной температуре). Таким образом, при использовании солнечной системы расчетная разность температур уменьшается, и объема буферной емкости недостаточно для аккумулирования количества теплоты, которое вырабатывается при полном сгорании топлива в твердотопливном котле.

Таким образом, если система теплоснабжения с твердотопливным котлом с ручной загрузкой комбинируется с солнечной системой, объем буферной емкости необходимо соответственно увеличить.

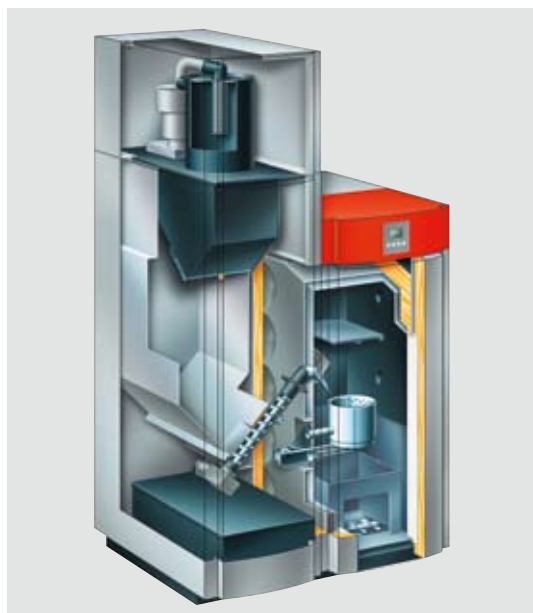


Рис. С.3.1-1 Отопительный котел Vitotigno 300-P на пеллетах

## С.3 Комбинации с регенеративными источниками теплоты

### С.3.2 Солнечные системы с тепловыми насосами

#### **Тепловые насосы в комбинации с солнечными системами для горячего водоснабжения**

Чем меньше разность температур между температурой источника теплоты и температурой в системе теплоснабжения, тем выше эффективность работы теплового насоса. Поэтому для нагрева воды в системе ГВС температура в подающем трубопроводе должна поддерживаться на минимально возможном уровне за счет увеличения площади поверхности теплообменника. Для подключения солнечной системы вместе с тепловым насосом Viessmann предлагает специальный бивалентный водонагреватель для теплового насоса.

Тепловой насос подключается к встроенному теплообменнику с большой поверхностью теплообмена, а солнечная система подключается через внешний теплообменник.

#### Примечание

Подробную информацию о комбинации с солнечными системами смотрите в технической документации на тепловые насосы Viessmann.

#### **Тепловые насосы в комбинации с солнечными системами для поддержки системы отопления**

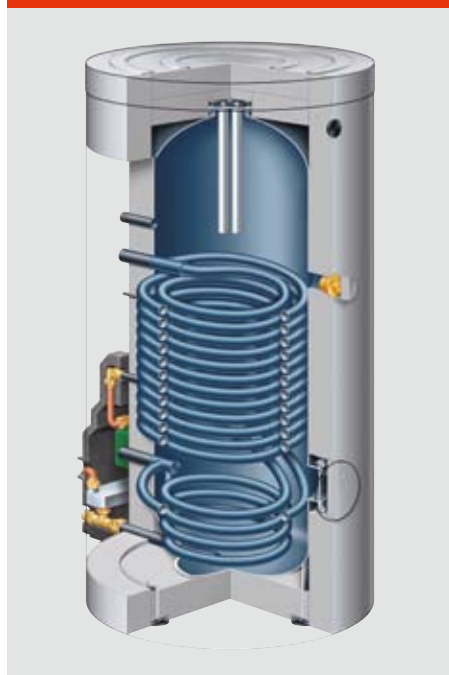
Для тепловых насосов в Германии существует временной график пользования электроэнергией со специальным тарифом, поэтому они должны комбинироваться с буферными емкостями для подключения системы отопления, которые предназначены и для нагрева солнечной системой. Согласно графику пользования электроэнергией, как правило в дневное время, существуют определенные часы, когда тепловой насос отключается. В течение этого времени тепловая нагрузка системы отопления покрывается за счет аккумулированной теплоты из буферной емкости.

Объем буферной емкости определяется минимальной энергоемкостью, необходимой для перекрытия периодов отключения пользования электроэнергией. К буферной емкости для подключения системы отопления можно подключить солнечный коллектор соответствующей площади. Если необходимо обеспечить высокую долю замещения тепловой нагрузки на отопление, объем буферной емкости для отопления можно увеличить. В этом случае необходимо, чтобы часть буферной емкости, предназначенная для перекрытия графика, была отделена от теплового насоса гидравлически и с помощью регулирования.

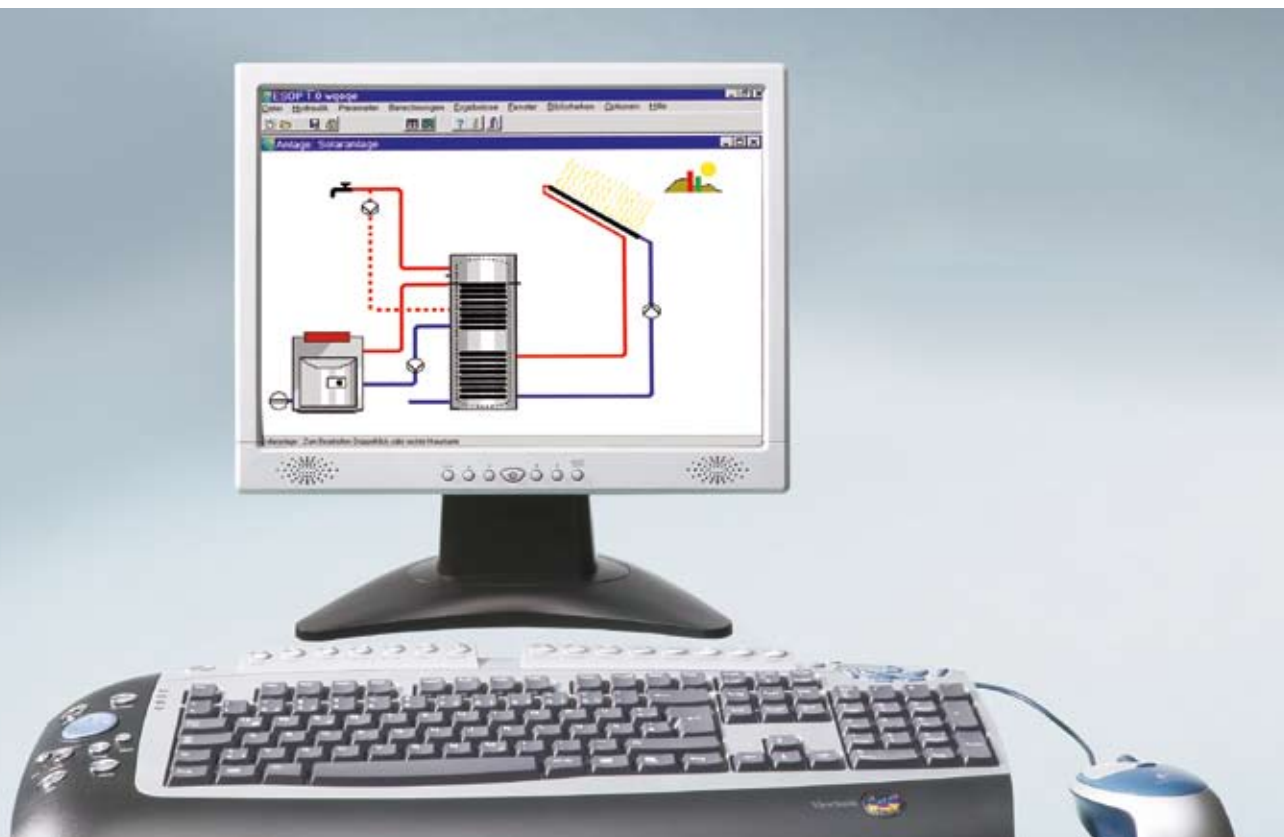
Если буферная емкость для подключения системы отопления не используется для нагрева с помощью теплового насоса, то она рассчитывается аналогично комбинации солнечной системы с котельными установками.

Емкостный водонагреватель ГВС Vitocell 100-V с подключением теплообменника для использования солнечной энергии.

Рис. С.3.2-1 Емкостный водонагреватель для тепловых насосов Viessmann







### Расчет солнечной системы с помощью программы ESOP

Расчет солнечной системы представляет собой компьютерное моделирование – результат моделирования позволяет понять и оценить работу реальной солнечной системы.

Компьютерное моделирование выполняют тогда, когда обычные инженерные методы расчета вручную слишком трудоемки или дают неудовлетворительный результат. Компьютерное моделирование используют, если система работает в нестационарных условиях.

Программа для расчета солнечных систем теплоснабжения дает возможность моделировать и анализировать работу системы на компьютере. Для этого в программу моделирования заложены определенные параметры (характеристики), влияющие на работу заданной системы.

Моделирование нестационарных режимов необходимо, так как изменения в работе солнечной системы происходят как в течение дня, так и в течение года.

### Основная структура программы

Моделирование, с одной стороны, требует исходных данных, например, метеорологических данных и профилей тепловой нагрузки, а с другой стороны, отдельные компоненты системы, например, гелиоколлектор, аккумулятор теплоты, теплообменник, должны выбираться на основании заданных характеристик. В качестве результатов расчета программа моделирования определяет такие параметры, как доля замещения тепловой нагрузки и годовая производительность солнечной системы.

### Исходные данные

Основными исходными данными для моделирования с помощью программы являются метеорологические данные предполагаемого места размещения солнечной системы.

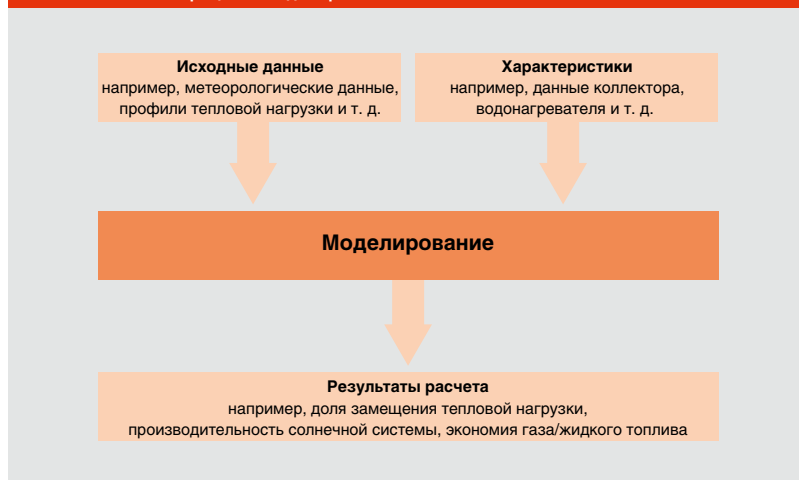
Так называемый «базовый год» используется для расчета солнечных систем. Метеорологическая служба Германии (DWD) разделила страну на 15 климатических зон и для каждой из этих зон составила типовые метеорологические данные, такие как интенсивность солнечного излучения, температура воздуха, относительная влажность воздуха и скорость ветра.

В связи с тем, что необходимые актинометрические наблюдения по всем областям Украины не ведутся, Украина аналогично разделена на 4 климатические зоны по годовому приходу суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность.

Кроме того, моделирующая программа дает возможность вводить, а затем обрабатывать в ходе моделирования целые массивы данных, например, данные изменения потребления горячей воды или отопительной нагрузки.

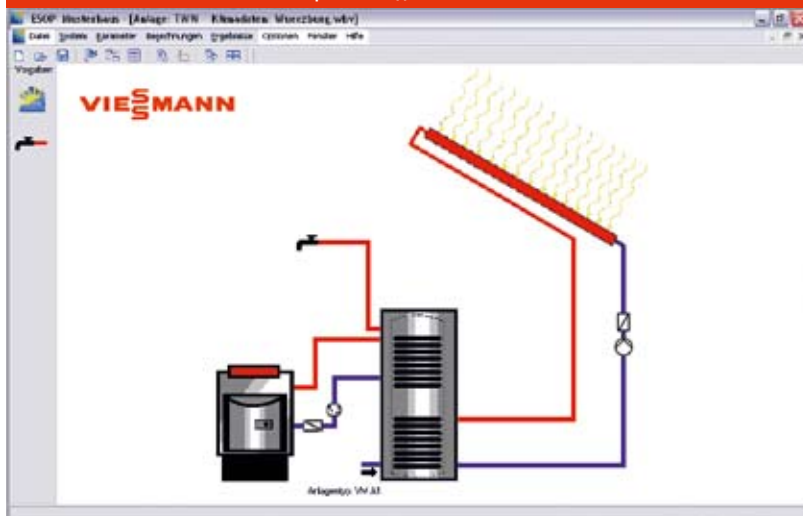
В программу Viessmann ESOP интегрированы метеорологические данные. Программа ESOP с помощью цифровых методов вычислений производит расчет нестационарных тепловых и энергетических характеристик как отдельных компонентов, так и системы в целом.

Рис. С.4-1 Схема процесса моделирования



## С.4 Расчет солнечной системы с помощью программы ESOP

Рис. С.4.-2 Солнечная система горячего водоснабжения



### Ввод параметров моделирования

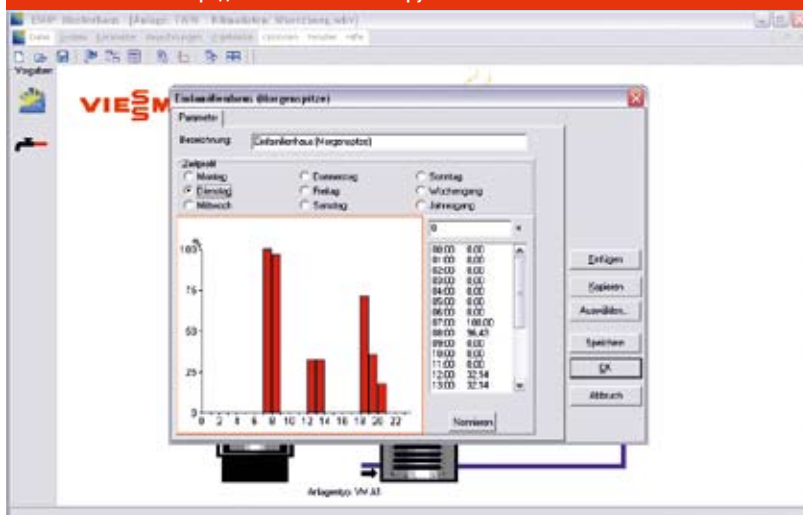
Для начала моделирования следует ввести технические характеристики компонентов для требуемой схемы солнечной системы, например, эффективность, теплотери, а также объединить компоненты в единую систему. В ESOP заложены различные схемы распространенных солнечных систем горячего водоснабжения, поддержки системы отопления и подогрева воды в плавательном бассейне.

Рис. С.4-3 ESOP: диалоговое окно характеристик коллекторов

Hersteller	Typ	Bezeichnung	Stoßfläche	Flussfläche	Volumen	in Dm	aus Dm	iprot. Kapaz.
Viessmann	Viocol 130 SH	Flachkollektor	2,31	2,30	0,81	2,80	0,76	400
Viessmann	Viocol 130 SH	Flachkollektor	2,31	2,30	0,74	4,32	0,76	640
Viessmann	Viocol 220 F	Flachkollektor	2,31	2,30	0,79	3,98	0,76	520
Viessmann	Viocol 200 1 SD2 1 ef	Röhrenkollektor	1,44	1,06	0,27	1,58	0,006	530
Viessmann	Viocol 200 1 SD2 2 ef	Röhrenkollektor	2,30	2,15	0,77	1,51	0,006	530
Viessmann	Viocol 200 1 SD2 3 ef	Röhrenkollektor	4,32	3,23	0,76	1,78	0,006	930
Viessmann	Viocol 200 F	Flachkollektor	2,31	2,32	0,04	3,00	0,76	640
Viessmann	Viocol 200 1 SP2 2 ef	Röhrenkollektor	2,30	2,15	0,76	1,50	0,007	700
Viessmann	Viocol 200 1 SP3 3 ef	Röhrenkollektor	4,32	3,23	0,70	1,26	0,004	760

Характеристики компонентов Viessmann, таких как коллекторы, водонагреватели, отопительные котлы, можно легко и удобно ввести в программе ESOP. Кликнув соответствующий компонент, Вы попадаете в меню выбора.

Рис. С.4-4 ESOP: определение тепловой нагрузки



Для ввода тепловой нагрузки в программу заложены различные профили тепловых нагрузок. Эти профили позволяют учитывать, например, изменение тепловой нагрузки в течение дня или недели, а также сезонные колебания или отклонения в отпускной период.

Рис. С.4-5 ESOP: результаты расчета

### Результаты расчета

Программа ESOP определяет все основные характеристики, необходимые для оценки конфигурации солнечной системы, например, долю замещения тепловой нагрузки, производительность коллектора и экономию энергии.

### Область применения

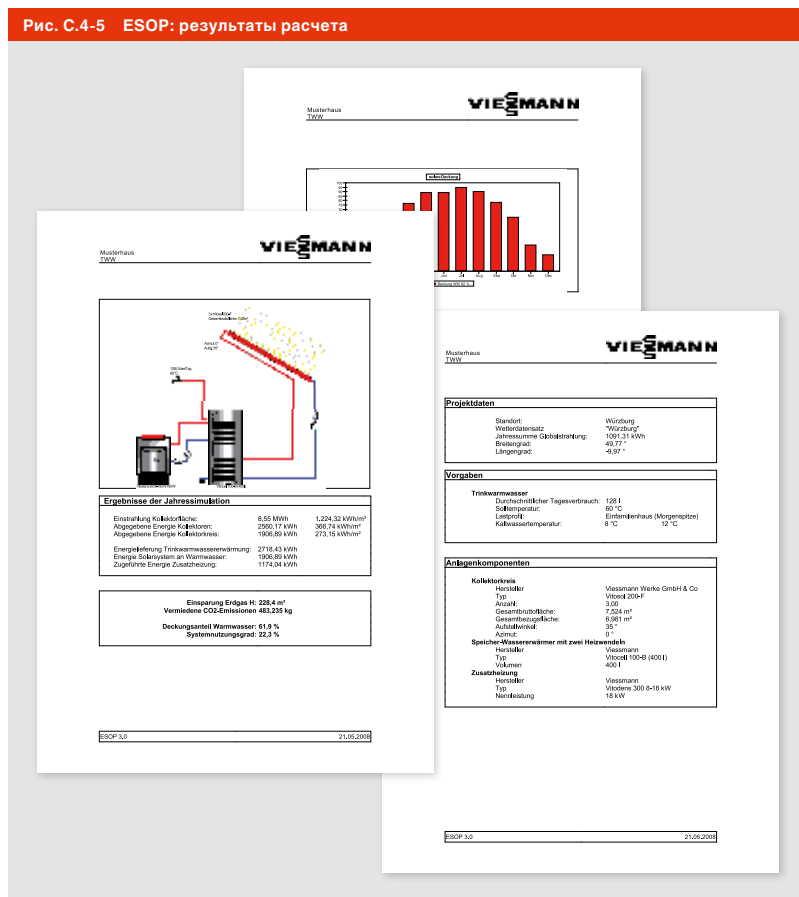
Программа ESOP была разработана для поддержки проектирования и оптимизации солнечных систем теплоснабжения. Кроме этого, данная программа подходит и для поддержки продаж в качестве демонстрации предлагаемой солнечной системы, что называется, «прямо на месте».

### Проверка расчета

Для проведения расчетов по моделированию необходим определенный опыт, ошибка при введении параметров может порой значительно исказить результаты – поэтому рекомендуется всегда проводить проверку достоверности расчетов.

В принципе, удельная производительность коллектора (см. главу А.2.4) вполне подходит для контроля достоверности.

Для установок горячего водоснабжения с плоскими коллекторами это значение должно находиться в диапазоне от 300 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) до 500 кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год). По опыту проектирования существующих систем можно проверить при моделировании и другие параметры.



Кроме того, необходимо учитывать, что моделирование всегда дает условные характеристики солнечной системы на основании синтетических метеорологических данных за базовый год.

В реальной солнечной системе на основании фактических метеорологических условий и реальной картины эксплуатации будут происходить значительные отклонения от расчетных данных. Отдельные месяцы, недели или дни могут значительно отличаться от моделируемых, однако, что касается годовой производительности, здесь нет сколько-нибудь существенных отличий между расчетной и реальной солнечной системой.

### Примечание

Моделирование позволяет проводить только энергетическую оценку системы. Результаты моделирования и графические зависимости не заменяют проектной документации.





## D Регуляторы солнечных систем

Регулятор осуществляет управление энергией и обеспечивает эффективное использование солнечной теплоты.

Viessmann предлагает регуляторы Vitosolic для обеспечения любых необходимых параметров. Vitosolic обеспечивает максимально эффективное использование теплоты, полученной с помощью солнечных коллекторов, для систем горячего водоснабжения, подогрева воды в плавательных бассейнах или поддержки системы отопления.

При этом регулятор Vitosolic соединяется с регулятором котла и отключает отопительный котел, когда в систему начинает поступать достаточное количество солнечной теплоты.

### **146 D.1 Функции регулятора солнечной системы**

147 D.1.1 Основные функции

149 D.1.2 Дополнительные функции

### **154 D.2 Контроль функционирования и производительности солнечной системы**

155 D.2.1 Контроль функционирования

156 D.2.2 Контроль производительности

## D.1 Функции регулятора солнечной системы



Рис. D.1-1 Регулятор Vitosolic  
Viessmann

### Функции регулятора солнечной системы

Солнечные системы теплоснабжения управляются регуляторами. Требования, которые должен выполнять регулятор, могут быть самыми различными – это зависит от типа солнечной системы и выполняемых функций.

Ниже описаны основные и дополнительные функции регуляторов солнечных систем. Регуляторы Vitosolic выполняют все необходимые функции.

Описание настройки регулятора для конкретной солнечной системы можно найти в соответствующей технической документации.



### D.1.1 Основные функции

#### Регулирование по разности температур

При регулировании по разности температур производится измерение двух температур, а затем определяется разность между ними.

В большинстве солнечных систем регулятор сравнивает температуру коллектора и емкостного водонагревателя между собой – для этого он использует данные измерений датчиков температуры, установленных на коллекторе и водонагревателе. Насос гелиоконтра включается, когда разность температур между коллектором и водонагревателем превышает заданное значение (разность температур включения). Теплоноситель переносит теплоту из коллектора в емкостный водонагреватель. Если второе значение, меньшая разность температур будет ниже установленного значения, насос гелиоконтра выключается (разность температур выключения). Интервал между разностью температур включения и выключения называется гистерезисом.

Разность температур включения насоса гелиоконтра должна выбираться таким образом, чтобы транспортирование теплоты от коллектора к водонагревателю

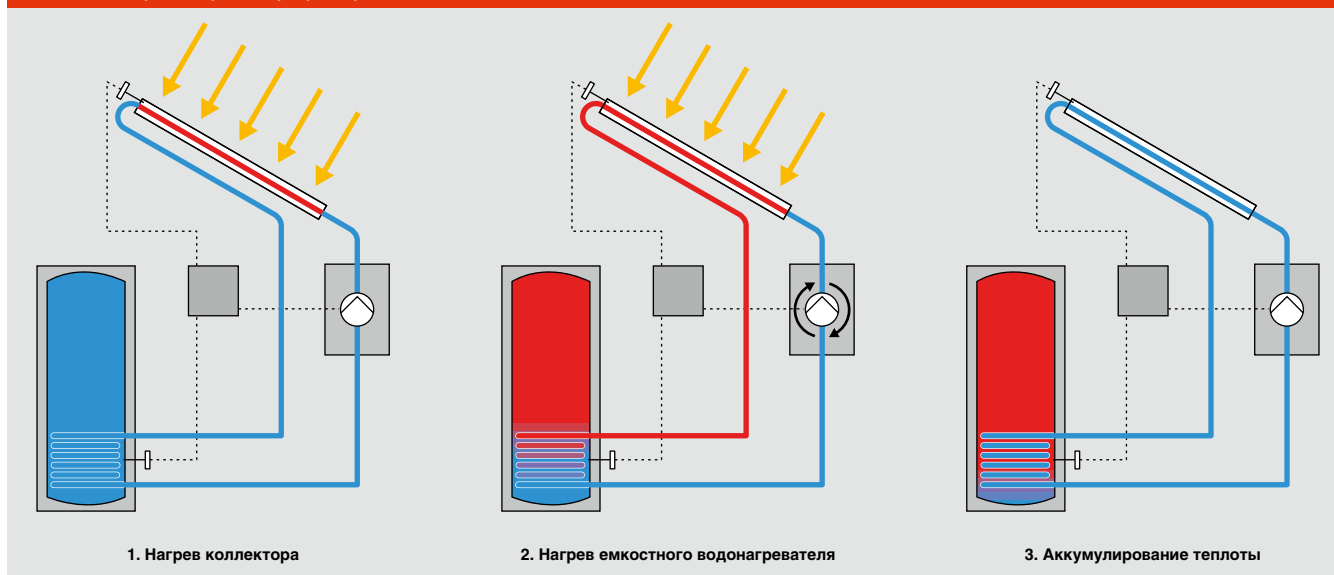
оправдывало себя, то есть, чтобы разность температур между теплоносителем и водой в водонагревателе была достаточно большой. Кроме того, при переносе теплоты от коллектора насос не должен немедленно выключиться, как только холодный теплоноситель из водонагревателя достигнет датчика температуры коллектора.

В обычных солнечных системах с встроенными теплообменниками в водонагревателе разность включения между температурой коллектора и температурой водонагревателя составляет 8 К, а выключения – 4 К, если температура теплоносителя измерена точно (см. рис. D.1.1-2). Определенная неточность измерений является допустимой. В очень длинных трубопроводах (более 30 м) оба значения увеличиваются на 1 К на каждые 10 м.

В солнечных системах с внешними теплообменниками разность температур включения и выключения для первичного и вторичного контура рассчитывается на основании длины трубопровода и выбранной разности температур в теплообменнике. Включение и выключение вторичного контура осуществляется при несколько меньших разностях температур.

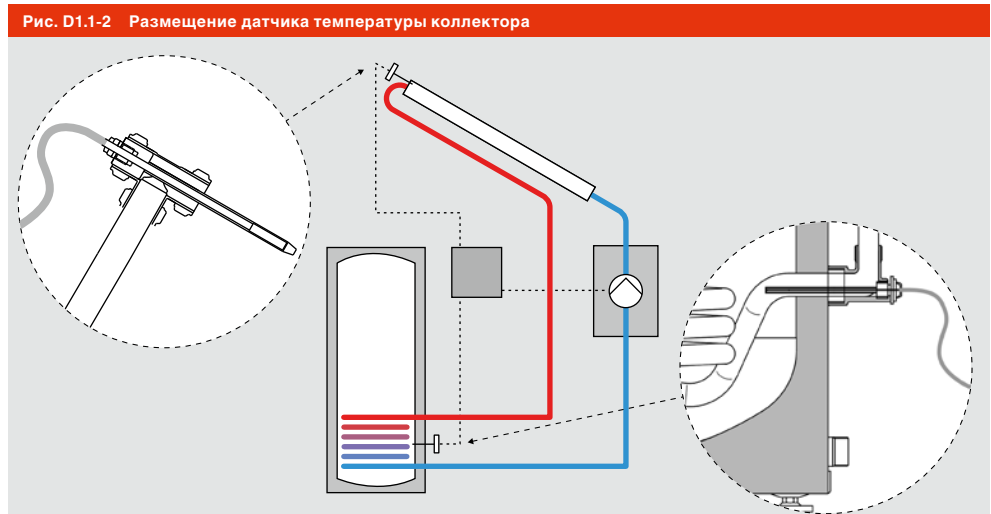
Регулятор обеспечивает эффективную транспортировку теплоты. Теплота перемещается от коллектора к водонагревателю тогда, когда это целесообразно.

Рис. D.1.1-1 Принцип работы регулятора



## D.1 Функции регулятора солнечной системы

Размещение датчиков температуры в погружных гильзах обеспечивает получение оптимальных данных измерений для регулятора солнечной системы.



### **Ограничение максимальной температуры**

Процесс солнечного нагрева должен быть ограничен установкой максимально допустимой температуры. Это не заменяет ограничения безопасной температуры во избежание парообразования в емкостном водонагревателе.

### **Датчик температуры**

Поскольку температура в солнечной системе может быть гораздо выше, чем в обычной системе отопления, датчик температуры в коллекторе должен быть устойчив к воздействию высоких температур. Кроме того, датчик должен иметь кабель, устойчивый к воздействию высоких температур и погодных условий.

Прочие требования к датчикам температуры не отличаются от требований к характеристикам стандартных высококачественных датчиков систем отопления.

### **Размещение датчиков**

Самое точное измерение выполняется тогда, когда температура измеряется непосредственно в среде теплоносителя, то есть с использованием погружных гильз. Для всех водонагревателей и коллекторов Viessmann используются стандартные погружные гильзы.

В плоских коллекторах Vitosol с меандровыми абсорберами погружные гильзы расположены на той стороне коллектора, где трубка абсорбера припаяна к главному трубопроводу (в коллекторах Viessmann на этой стороне установлена фирменная табличка). Благодаря этому датчик температуры коллектора способен быстро определить увеличение температуры абсорбера.

#### **Примечание**

Меры по защите датчика и регулятора от повышения напряжения описаны в главе В.1.6.4.

### D.1.2 Дополнительные функции

#### Многokратное измерение разности температур и определение приоритета водонагревателей

В солнечных системах с несколькими водонагревателями или потребителями необходимо соотносить разные измерения разности температур между собой. При этом можно выбирать различные стратегии регулирования в зависимости от требований.

#### Регулирование по приоритету

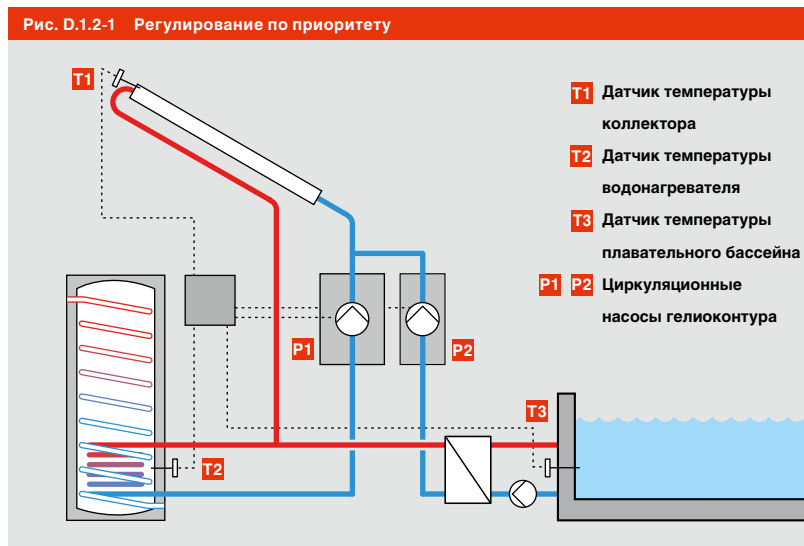
При регулировании по приоритету включение одного из водонагревателей имеет приоритет по загрузке от гелиоконтура. Если к солнечной системе подключено два потребителя – например, один емкостный водонагреватель ГВС и плавательный бассейн без догрева котлом, – то в такой солнечной системе приоритет по нагреванию от гелиоконтура имеет система горячего водоснабжения. Только после того, как вода в водонагревателе достигнет требуемой температуры, солнечная система начинает нагревать воду в плавательном бассейне (см. рис. D.1.2-1).

Регулятор настраивается таким образом, чтобы солнечная система нагревала сначала воду в водонагревателе ГВС. При этом нужно считаться с тем, что солнечная система будет работать с меньшим коэффициентом полезного действия, поскольку она в первую очередь не нагревает более холодную воду в бассейне.

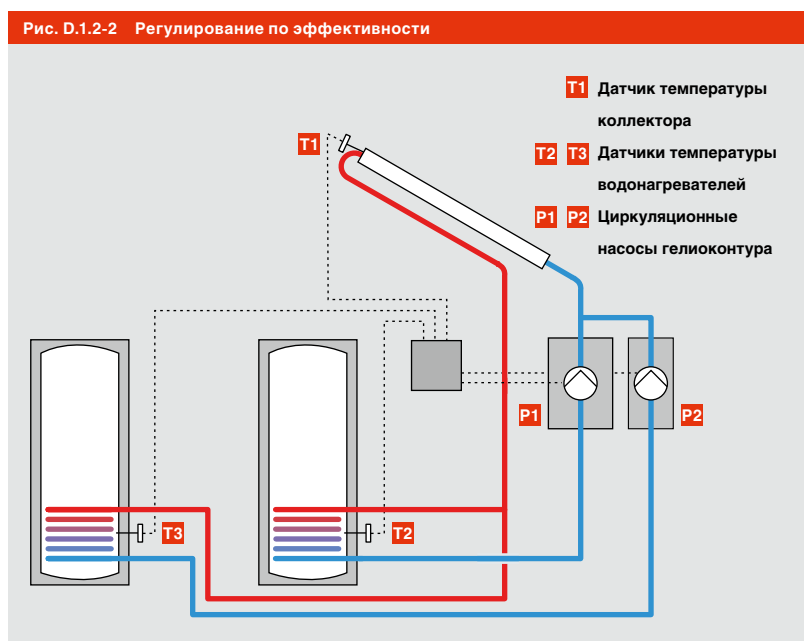
#### Регулирование по эффективности

Если солнечная система должна работать максимально эффективно, ее коэффициент полезного действия должен постоянно находиться в диапазоне максимальных значений. Для установки с двумя водонагревателями, которые подлежат догреву в течение всего года, регулирование всегда должно обеспечивать нагрев водонагревателя, имеющего более низкую температуру (см. рис. D.1.2-2).

Такая концепция регулирования применяется, например, тогда, когда к солнечной системе подключены два потребителя (две квартиры).



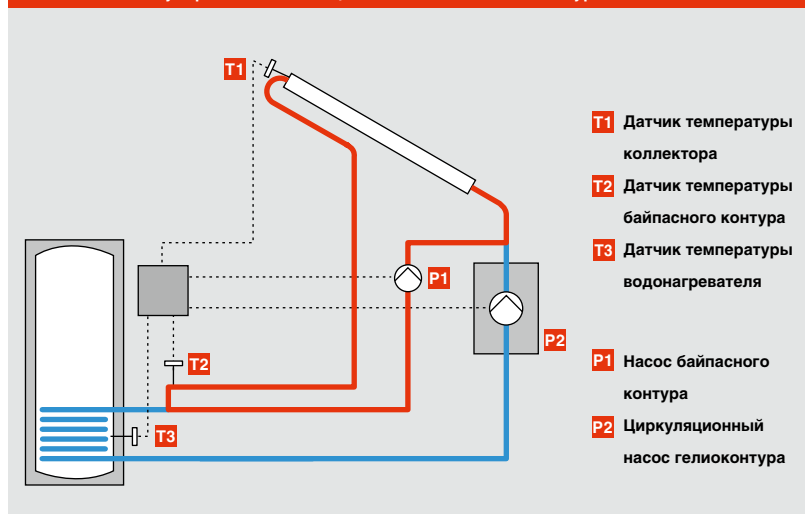
Приоритет для горячего водоснабжения: P1 работает тогда, когда T1 больше T2. P2 работает тогда, когда T2 достигает требуемого значения, а T1 больше T3. (Соответственно, должна учитываться необходимая разность температур).



Регулирование по эффективности: P1 работает тогда, когда T1 больше T2, а T2 меньше T3. P2 работает тогда, когда T1 больше T3, а T3 меньше T2. (Соответственно, должна учитываться необходимая разность температур).

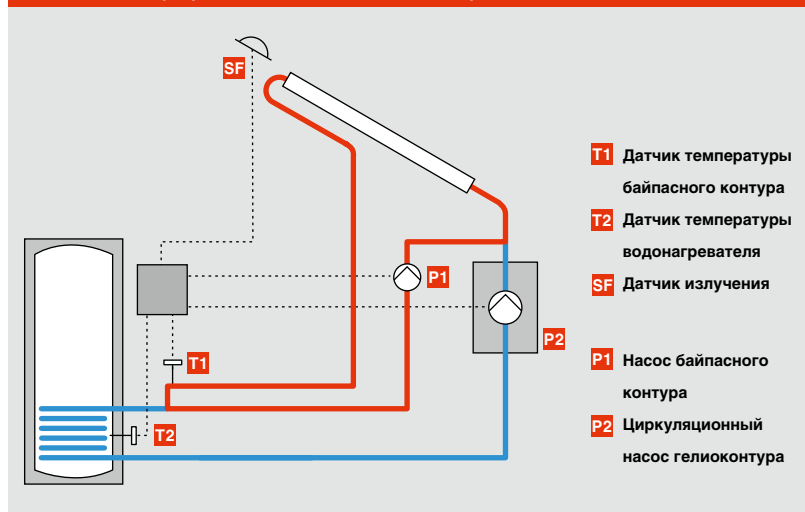
## D.1 Функции регулятора солнечной системы

Рис. D.1.2-3 Регулирование с помощью насоса байпасного контура



Регулирование с помощью насоса байпасного контура: P1 работает, когда T1 больше T3. P2 работает только тогда, когда T2 больше T3. (Соответственно, должна учитываться необходимая разность температур).

Рис. D1.2-4 Регулирование с помощью датчика излучения



Регулирование с помощью датчика излучения: P1 работает, когда излучение превышает минимальное значение. P2 работает только тогда, когда T1 больше T2. (Соответственно, должна учитываться необходимая разность температур).

### Регулирование с помощью насоса байпасного контура

Насос байпасного контура может улучшить пусковые характеристики солнечной системы, например, при очень длинных подводящих трубопроводах или горизонтальной установке вакуумированных трубчатых коллекторов на плоских крышах.

Регулятор регистрирует температуру коллектора с помощью датчика коллектора. При превышении установленной разности температур по отношению к температуре датчика водонагревателя включается насос байпасного контура. При этом нагретый солнечной энергией теплоноситель нагревает сначала только трубопроводы. Далее при превышении заданной разности температур между датчиком байпасного контура и датчиком температуры водонагревателя включается насос гелиоконтура, а насос байпасного контура выключается. Таким образом можно избежать охлаждения водонагревателя (с встроенным теплообменником) в начальной стадии зарядки емкостного водонагревателя.

### Регулирование с помощью датчика излучения

С точки зрения гидравлики эта концепция похожа на регулирование с помощью насоса байпасного контура, только байпасный насос запускается не по разности температур, а с помощью датчика, измеряющего излучение.

Регулятор получает информацию от датчика солнечного излучения. При превышении заданного порогового значения излучения включается насос байпасного контура. В обычных случаях это значение составляет  $200 \text{ Вт/м}^2$ .

Такой вид байпасного включения особенно подходит тогда, когда непрерывное точное измерение температуры в коллекторе невозможно, например, из-за кратковременных частичных затенений (дымовой трубой или др.).



### Подавление догрева водонагревателя котлом

Для повышения эффективности солнечной системы обычный догрев бивалентного емкостного водонагревателя системы ГВС можно задержать до тех пор, пока не прекратится нагрев за счет солнечного излучения (выключится насос гелиоконтурра). Эту функцию можно использовать в комбинации с регулятором котла Vitotronic. Viessmann предоставляет соответствующее программное обеспечение, старые регуляторы можно модернизировать.

На регуляторе обычным способом выставляется температура догрева для системы ГВС. Кроме этого, устанавливается минимальная температура. При активировании функции подавления догрева и нагреве водонагревателя от гелиоконтурра регулятор котла допускает понижение температуры горячей воды до установленного минимального значения. Емкостный водонагреватель обогревается котлом (во время работы насоса гелиоконтурра) только тогда, когда температура в нем ниже этого минимального значения.

### Нагрев для соблюдения гигиенических требований к горячей воде

Для обеспечения гигиенических требований к горячей воде весь объем горячей воды раз в день нагревается до температуры 60 °С. Это касается нижней части бивалентного емкостного водонагревателя системы ГВС или емкостного водонагревателя для предварительного нагрева.

При такой термической дезинфекции необходимая для нее теплота должна подаваться через теплообменник котла для нагрева всего объема водонагревателя. Датчики температуры должны быть расположены таким образом, чтобы действительно весь объем водонагревателя ГВС достиг требуемой температуры.

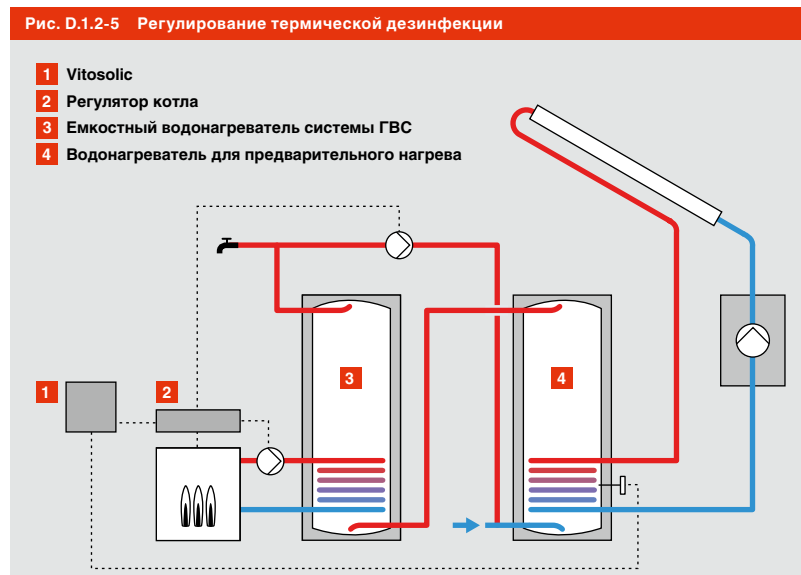
### Оптимизация термической дезинфекции

Функция оптимизации термической дезинфекции отключает последнюю, если горячая вода в предварительном водонагревателе или в нижней части бивалентного водонагревателя в течение предыдущих 24 часов уже была нагрета солнечной системой до 60 °С.

Эта функция обеспечивается, если регулятор котла связан с регулятором Vitosolic.

При термической дезинфекции хороший результат дает комбинация регулятора солнечной системы с регулятором котла. Если температура датчика водонагревателя за прошедшие 24 часа превышала значение 60 °С, догрев блокируется.

Рис. D.1.2-5 Регулирование термической дезинфекции



## D.1 Функции регулятора солнечной системы

### **Функции, позволяющие избежать стагнации**

Для недопущения стагнации или уменьшения нагрузок при стагнации можно активировать дополнительные функции. Это целесообразно только для солнечных систем с очень высокой долей замещения тепловой нагрузки или поддержкой системы отопления, в которых необходимо считаться с возможностью стагнации.

### **Функция охлаждения коллектора**

Насос гелиоконтур выключается при достижении максимальной температуры ГВС в емкостном водонагревателе. Если активирована функция охлаждения и температура коллектора возрастает до установленного максимального значения для коллектора, насос включается до тех пор, пока температура коллектора не снизится на 5 К. При этом температура емкостного водонагревателя может продолжать расти, но только до 95 °С. Величина этого значения определяется максимально допустимой температурой емкостного водонагревателя.

### **Функция обратного охлаждения**

Эта функция целесообразна только тогда, когда активирована функция охлаждения коллектора. При достижении установленной максимально допустимой температуры водонагревателя насос гелиоконтур выключается, чтобы избежать перегрева. Вечером насос продолжает работать до тех пор, пока водонагреватель не охладится через коллектор и трубопроводы до установленной максимальной температуры системы ГВС. Эта функция гораздо более эффективна для плоских коллекторов, чем для вакуумированных трубчатых.

### **Функция периодического включения**

Функция периодического включения используется в солнечных системах, в которых температуру абсорбера нельзя определить точно. Это происходит, например, при горизонтально установленных вакуумированных трубчатых коллекторах, в которых недостаточная естественная циркуляция теплоносителя не позволяет датчику температуры коллектора незамедлительно регистрировать увеличение температуры. Через определенные промежутки времени насос гелиоконтур включается на 30 секунд, чтобы обеспечить циркуляцию теплоносителя от коллектора к датчику температуры. Функция периодического включения не активна с 22:00 до 6:00.

### **Термостатические функции**

Регулятор Vitosolic 200 дополнительно предлагает различные термостатические функции. Для этого дополнительные датчики регистрируют соответствующие температуры и при их превышении или понижении включают циркуляционный насос. Так можно, например, при определенной температуре водонагревателя включать насос для нагрева плавательного бассейна.

Указания по регулированию количества оборотов насоса гелиоконтур см. в главе В.3.1.3.

#### **Примечание**

Функции охлаждения регулятора дополняют меры по предотвращению стагнации, но не заменяют их. Подробную информацию по стагнации см. в главе В.3.5.

#### **Пример**

Заданная максимальная температура водонагревателя – 70 °С. При достижении этой температуры насос гелиоконтур выключается. Коллектор нагревается до заданной максимальной температуры 130 °С. При включенной функции охлаждения коллектора насос гелиоконтур снова включается и работает до тех пор, пока температура коллектора не опустится до 125 °С или до достижения температуры в емкостном водонагревателе 95 °С.

При включенной функции охлаждения коллектора насос гелиоконтур продолжает работать, пока водонагреватель снова не охладится через коллектор до 70 °С или до достижения температуры водонагревателя 95 °С (защитное выключение).





### Контроль функционирования и производительности солнечной системы

Регулятор солнечной системы не только обеспечивает эффективное использование солнечной энергии, но и выполняет важные функции контроля.

Как и в любом другом оборудовании, в солнечных системах теплоснабжения нельзя полностью исключить неисправности. В других системах теплоснабжения неисправность обычно быстро становится очевидной, а в солнечных системах – нет, поскольку в таких случаях традиционный источник теплоты берет обогрев на себя и поэтому неисправность не всегда очевидна. По этой причине в проект солнечной системы необходимо включить вопросы контроля ее работы.

Контроль за работой солнечной системы можно осуществлять двумя разными способами: путем контроля функционирования и путем контроля производительности.

С помощью контроля функционирования можно проверять правильность работы всей солнечной системы или отдельных компонентов. Такой контроль можно вести вручную или автоматически.

При контроле производительности измеренные значения количества теплоты за единицу времени сравниваются с заданными или расчетными значениями.

## D.2.1 Контроль функционирования

Современные регуляторы солнечных систем не только обеспечивают надлежащую работу системы, но и осуществляют контроль ее основных функций.

### Самодиагностика регулятора

Регулятор состоит из различных модулей, исправность и согласованность которых контролируется самим регулятором. Если один из модулей выходит из строя, генерируется сообщение о неисправности или срабатывает сигнализация.

### Контроль соединительных проводов датчиков

Правильно работающий регулятор немедленно обнаруживает дефект соединительных проводов датчика. Если, например, незащищенный соединительный провод датчика коллектора будет поврежден грызунами или птицами, это может привести к короткому замыканию или к обрыву.

Регулятор воспринимает это либо как электрическое сопротивление 0, либо бесконечность, или - в «логике» измерения температуры – как температуру «бесконечно» высокую или низкую.

В регуляторе заложены предельные значения температур, которые обычно охватывают ожидаемый рабочий температурный диапазон солнечной системы. Если температура выходит за пределы этого диапазона, регулятор сообщает о неисправности.

### Контроль температур

На регуляторе можно задать максимальные температуры для водонагревателя и коллектора, начиная с которых регулятор будет выдавать сообщение о неисправности. Перед заданием этих температур необходимо точно проверить их значение для данной конкретной установки, чтобы исключить появление ложных сообщений о неисправности.

Рис. D.2.1-1 Незащищенные соединительные провода датчиков



К сожалению, такая ситуация встречается на практике очень часто: явные следы зубов и клювов на незащищенных соединительных проводах датчиков

Еще одной возможностью контроля функционирования является проверка разности температур, как правило, между коллектором и водонагревателем. Этот вид контроля основывается на допущении, что коллектор в рабочем режиме, то есть пока водонагреватель еще не достиг своей максимальной температуры, не должен быть горячее водонагревателя, например, более чем на 30 K (данное значение можно изменять). С помощью автоматической функции контроля определяются типовые неисправности, которые приводят к тому, что отвод теплоты от коллектора в водонагреватель прекращается, хотя последний еще может ее принимать:

- неисправность насоса первичного контура;
- прекращение подачи электропитания на насос;
- проблемы с гидравликой в первичном контуре (например, наличие воздуха, утечек, отложений);
- неправильное расположение вентиляей;
- дефектный или очень сильно загрязненный теплообменник.

## D.2 Контроль функционирования и производительности солнечной системы

Кроме того, можно, даже при неработающем насосе гелиоконтур регистрировать повышение температуры на коллекторе или положительную разность температур между более холодным водонагревателем и более теплым коллектором (например, ночью). Так можно выявить неисправность компонентов установки, которая может привести к естественной циркуляции, то есть к тому, что водонагреватель будет за счет естественной циркуляции нагревать коллектор.

Нужно, конечно, учитывать, что, например, более интенсивный ночной водоразбор в середине лета может привести к фактической разности температур между холодным водонагревателем и теплым коллектором (температурой окружающей среды). Сильные колебания наружной температуры также могут привести к ошибочным сообщениям о неисправности. Поэтому при активировании функции контроля рекомендуется проинформировать о них пользователя, чтобы избежать ненужных обращений в сервисную службу.

Все сообщения о неисправности можно считывать прямо на регуляторе. Есть также возможность передать сообщение о неисправности дальше, например, системе управления зданием или через Интернет.

С помощью функции автоматического контроля можно очень надежно контролировать режимы работы и выявлять различные неисправности. Однако автоматический контроль имеет свои пределы: области, в которых опасность появления ложных сообщений о неисправности очень высока, и режимы работы солнечной системы, которые не имеют типовых признаков неисправностей.

### Пример

Если при очень загрязненном или разбитом стекле коллектора температура на нем не повышается, регулятор не «знает», является ли это следствием дефекта или это происходит просто из-за плохой погоды. В подобном случае диагноз может поставить измерение и оценка производительности солнечной системы.

### D.2.2 Контроль производительности

Простым и эффективным методом контроля является сравнение реального времени работы насоса с ожидаемыми значениями. Для средней солнечной системы этот показатель составляет 1500 – 1800 часов в год. Моделирование работы системы дает более точные значения времени работы насоса. Правда, такое сравнение никак не основано на измерении производительности солнечной системы.

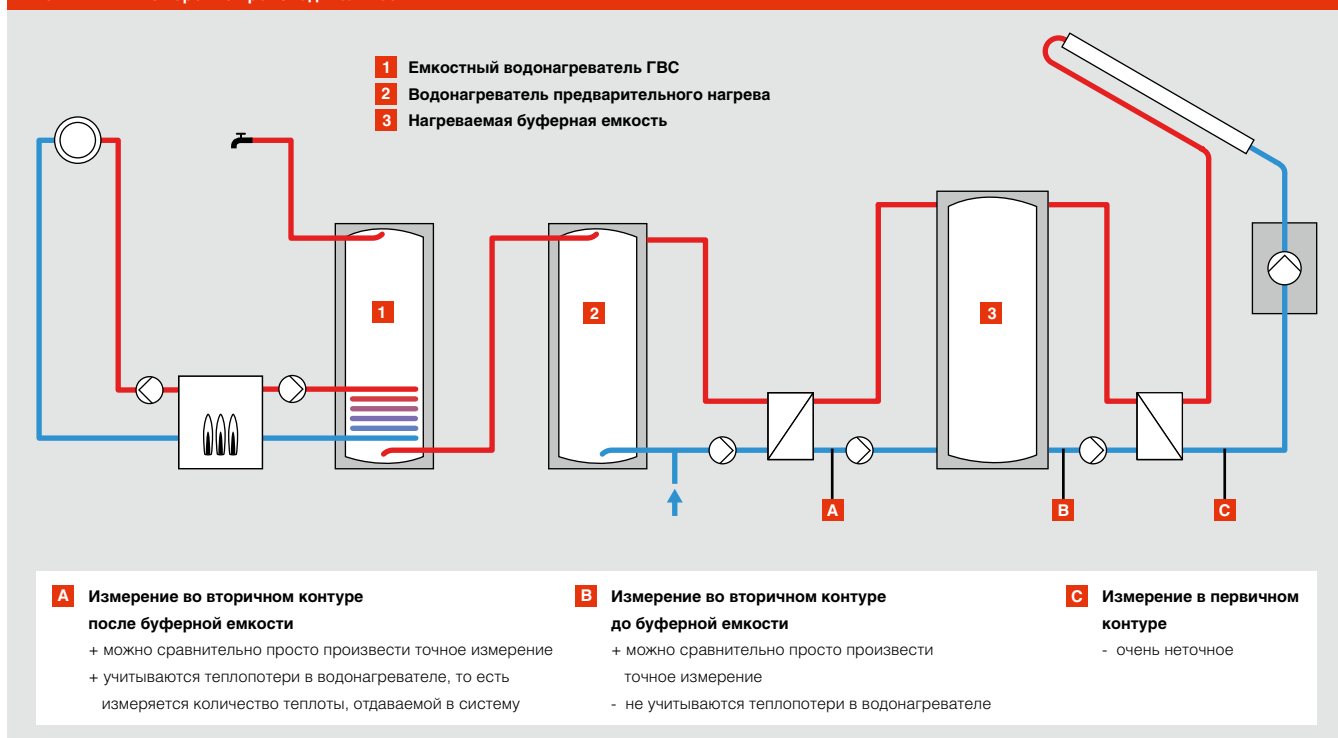
### Измерение производительности

Перед тем как измерять производительность солнечной системы, необходимо сначала провести критическую оценку метода измерений, чтобы избежать неправильных выводов о производительности солнечной системы. При этом надо учитывать, что определение производительности с помощью регулятора солнечной системы является скорее оценкой, чем измерением. Так, например, можно измерять время, в течение которого на насос подается напряжение. Если же в оценочные данные входят предполагаемые, а не измеренные значения количества протекающей жидкости и температур водонагревателя и коллектора, то речь идет не об измерении, а об оценке производительности.

Для измерения производительности требуется правильное определение объемного расхода и измерение двух температур. При проведении измерений в первичном контуре нужно учитывать, что вязкость и теплоемкость воды и водно-гликолевых смесей отличаются друг от друга. Если в гликолевом контуре установлен стандартный счетчик количества теплоты, без учета корректирующих коэффициентов, то выработанное количество теплоты невозможно определить точно, его тоже можно только оценить.

В солнечных системах с внешними теплообменниками всегда целесообразно проводить измерения во вторичном контуре.

Рис. D.2.2-1 Измерение производительности



Так можно достаточно точно определить количество теплоты, отдаваемой солнечной системой водонагревателю. При измерениях после буферной емкости нужно учитывать теплопотери водонагревателя, то есть считать только количество полезной теплоты, отданной системе.

Однако нужно заметить, что для практического применения ни один из методов измерения количества теплоты – независимо от того, в каком месте оно выполняется, – не соответствует нормативным требованиям к определению количества теплоты, произведенного солнечной системой. Такие нормативные требования и описание соответствующих методов расчета в настоящее время находятся в стадии разработки.



### **Метод оценки производительности вручную**

Измеренная производительность только тогда дает достаточное представление о правильности работы солнечной системы, когда ее сравнивают с проектным значением, то есть с заданной производительностью. Это проектное значение можно получить с помощью моделирования или рассчитать по данным измерений в климатической зоне, где размещается установка. В обоих способах невозможно избежать погрешностей. По этой причине в измерениях и различиях между смоделированными и фактическими климатическими данными необходимо внести определенные допуски. В директиве VDI 2169 по контролю производительности, выпущенной в 2009 году, эти допуски описаны подробно.

Оценку производительности солнечной системы следует производить в соответствии с расчетными климатическими данными за весь год. Оценка небольшого периода возможна только с помощью точных климатических данных, которые вводятся в расчет.

#### **Пример**

В результате расчета обычной солнечной системы горячего водоснабжения было получено значение производительности 1 500 кВт·ч в год.

Климатические данные для базового года (см. главу C.4), заложенные в программу расчета, могут отличаться от фактических погодных условий в оцениваемом году не более чем на 30 процентов.

Поскольку в этой установке можно измерить производительность только в первичном гликолевом контуре, в силу погрешности измерений – даже при использовании соответствующих счетчиков тепловой энергии – возникают дополнительные погрешности сопоставимого порядка.

Кроме того, при измерении тепловой производительности в гликолевом контуре теплотери в водонагревателе не учитываются, но они были учтены в полученном результате расчета – 1 500 кВт·ч в год.

Таким образом, измеренная годовая производительность, например, 1 400 кВт·ч, в принципе не дает основания сомневаться в правильности функционирования солнечной системы.

### **Оценка многолетних измерений**

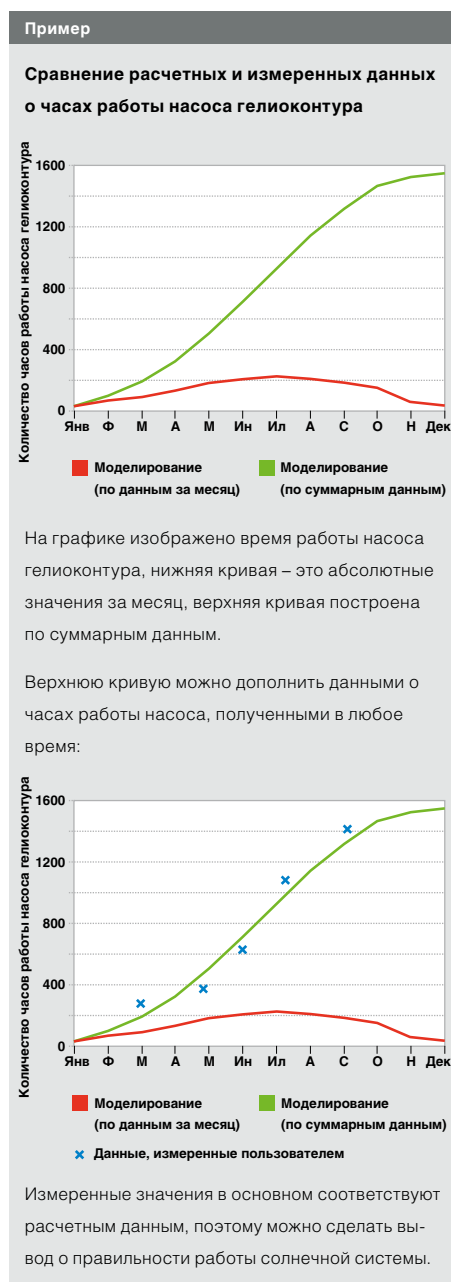
Оценка измерений в течение нескольких лет дает возможность ежегодно сравнивать результаты в течение длительного периода. Можно пренебречь результатами измерений в неоптимальных точках, если речь идет только о контроле за работой солнечной системы. Если результаты измерений попадают в диапазон отклонений не более 20 процентов, можно считать работу установки удовлетворительной.

Описываемая здесь оценка производительности вручную не может заменить автоматический контроль за работой установки, поскольку по полученным данным измерений неисправность можно обнаружить только по прошествии определенного периода времени, в течение которого будет происходить снижение производительности. Если фактическая производительность постоянно уменьшается, неполадки в работе установки можно определить лишь на основании тщательного анализа и практического опыта.

### **Использование данных, полученных пользователями**

Часто проектировщики и монтажники сопоставляют данные, полученные пользователями. За этим стоит желание «проанализировать» эти данные. Однако эти данные мало пригодны для анализа, так как они не проверены и зафиксированы в определенный момент времени. К тому же, эти, в большинстве случаев, абсолютные значения редко соответствуют действительности.

Тем не менее, по данным, зафиксированным пользователями, таким как количество часов работы, показания счетчиков тепловой или электрической энергии можно сделать вывод о режимах эксплуатации установки, если сравнить эти данные между собой. Если эти скрупулезно собираемые данные не будут «напрасным трудом», а будут должным образом интерпретированы с учетом необходимых ограничений по точности, пользователь останется доволен произведенным анализом работы солнечной системы.



Точно так же можно поступать и с данными оценки или измерения количества теплоты. При этом важно объяснить пользователю, что в расчет принимаются не абсолютные значения, а усредненные с учетом погрешности.

### **Автоматическая оценка производительности**

Если режимы эксплуатации солнечной системы и климатические данные регистрируются автоматически, можно составлять

прогнозируемую производительность на сутки и сравнивать ее с фактическим количеством теплоты, полученным от солнечной системы. Прогнозируемое значение производительности определяется не из результатов моделирования с помощью базового года, а с помощью более достоверных, фактически измеренных значений. Благодаря этому можно использовать гораздо более короткие периоды оценки.

Viessmann участвует в разработке и оптимизации так называемых регуляторов входа-выхода. По этой технологии потенциальная производительность установки постоянно сравнивается с фактической. Это базируется на характерных параметрах компонентов солнечной системы, данных измерений производительности и метеорологических данных. При появлении неприемлемых отклонений действительного значения от заданного выдается сообщение о неисправности.

### **Затраты на контроль функционирования и оценку производительности**

По опыту известно, что чем точнее измерение производительности солнечной системы и ее оценка, тем выше затраты. Это касается и контроля функционирования установки, осуществляемого не только с помощью простых контрольных функций регулятора солнечной системы. При принятии решения о приемлемости затрат на контроль и оценку можно ориентироваться на нормативные показатели: затраты должны составлять максимум 5 процентов от затрат на солнечную систему – это ориентировочное значение обеспечивает, как правило, сбалансированное соотношение между затратами на контроль и «гарантированной» производительностью солнечной системы.





## E Эксплуатация солнечной системы

Для долгосрочной безотказной и эффективной работы солнечных систем теплоснабжения необходимы не только высококачественные компоненты и обоснованные решения. Требуется также особая тщательность при вводе в эксплуатацию.

Срок службы солнечной системы для теплоснабжения зависит не только от тщательности ввода в эксплуатацию. Не менее важен инструктаж пользователя, а также сервисное и техническое обслуживание.

В данной главе описывается подготовка и осуществление ввода в эксплуатацию, а также приводятся важные практические детали, на которые следует обратить внимание при проверке и техническом обслуживании солнечной системы. Кроме того, поясняется иногда встречающееся в плоских коллекторах явление образования конденсата.

### **162 E.1 Ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание**

- 163 E.1.1 Соотношение давлений в солнечной системе
- 165 E.1.2 Подготовка к вводу в эксплуатацию
- 167 E.1.3 Процесс ввода в эксплуатацию
- 171 E.1.4 Уход за гликольсодержащим теплоносителем

### **172 E.2 Образование конденсата в плоских коллекторах**





### Ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание

Коллектор генерирует теплоту при достаточной интенсивности солнечного излучения, поступающего на абсорбер, независимо от того, готова ли к работе вся солнечная система.

Если солнечная система заполнена теплоносителем, а коллектор не накрыт, то при появлении солнечного излучения начинается производство теплоты в первичном контуре. Во избежание термических нагрузок солнечная система заполняется теплоносителем только тогда, когда обеспечен отвод теплоты. Пробный пуск солнечной системы невозможен.

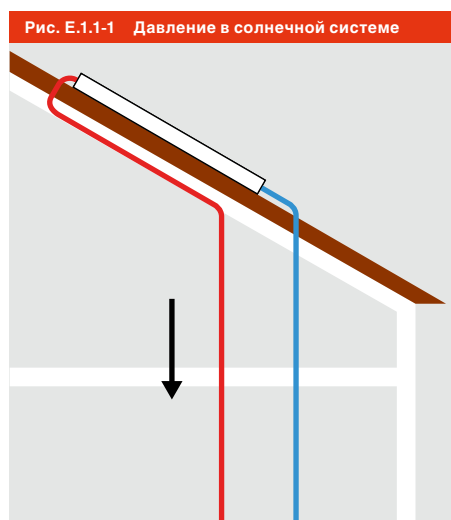
Решающее влияние на эксплуатационные характеристики солнечной системы оказывает соотношение давлений в гелиоконтуре. Только правильное соотношение давления заполнения, рабочего давления установки и начального давления в мембранном расширительном баке позволяет обеспечить оптимальную работу солнечной системы.

### Е.1.1 Соотношение давлений в солнечной системе

В рамках исследований поведения солнечной системы теплоснабжения в режиме стагнации было установлено, что соотношение давлений в гелиоконтуре оказывает решающее влияние на эффективность и долговечность ее работы.

Для определения требуемого давления и ввода в эксплуатацию нужно учитывать некоторые особенности солнечных систем теплоснабжения, о которых мы расскажем далее.

В режиме простоя (холодного) в самой высокой точке системы требуется поддерживать давление 1 бар, чтобы во время работы не допустить в этом месте разрежения. Насос гелиоконтур подаст теплоноситель до этой самой высокой точки, откуда затем он «опускается» по подающему трубопроводу гелиоконтур в направлении насоса. При этом на теплоноситель действует сила тяжести, поэтому в самом высоком месте давление уменьшается. Поскольку в большинстве случаев это место является также самой горячей точкой установки, то вследствие понижения давления здесь может возникнуть парообразование.



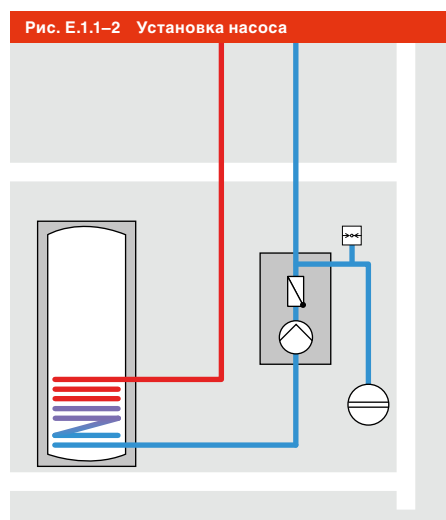
В зависимости от статической высоты подающего трубопровода уменьшается давление на выходе из коллектора.

Для защиты насоса от действия высоких температур в рабочем режиме или режиме стагнации солнечной системы хорошо зарекомендовало себя размещение насоса на обратном трубопроводе по направлению течения, перед мембранным расширительным баком.

При таком расположении насоса рабочее давление насоса ниже давления стагнации системы. Чтобы избежать кавитации, оно не должно быть ниже минимального давления на всасывающем патрубке.

Это необходимое минимальное давление зависит от разности давлений в насосе, температуры кипения и рабочей температуры теплоносителя. В обычных солнечных системах со статическим давлением не менее 0,5 бар и давлением заполнения в самой высокой точке 1 бар этой проблемой можно пренебречь, если использовать насосы Viessmann для солнечных систем. В других конструкциях при давлении в режиме стагнации на всасывающем патрубке насоса менее 1,5 бар рекомендуется произвести расчет с учетом необходимого минимального давления.

При расчете статического давления можно пренебречь разницей в плотности стандартных теплоносителей для солнечных систем и чистой воды и принять значение 0,1 бар на метр.



Для защиты насоса от действия высоких температур в режиме стагнации он устанавливается перед обратным клапаном и мембранным расширительным баком, если смотреть по направлению течения теплоносителя.

## Е.1 Ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание

Рис. Е.1.1-3 Соотношение давлений в солнечной системе

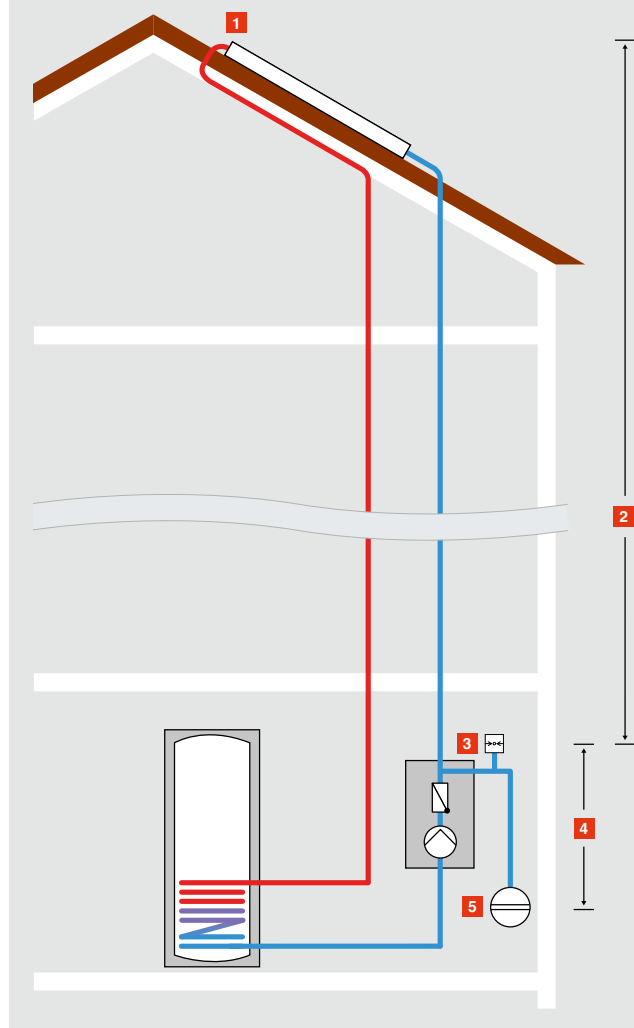


Таблица давлений в солнечной системе

**1** Избыточное давление системы в самой высокой точке 1 бар

**2** Добавка на метр статической высоты + 0,1 бар/м

**3** Рабочее давление в системе (манометр) \_\_\_\_ бар

Рабочее давление в системе \_\_\_\_ бар

Добавка на удаление воздуха + 0,1 бара

**Давление заполнения** \_\_\_\_ бар

Рабочее давление в системе \_\_\_\_ бар

Вычитание для запаса теплоносителя - 0,3 бара

**4** Добавка на метр разности высоты расположения манометра и мембранного расширительного бака + 0,1 бар/м

**5** Начальное давление мембранного расширительного бака \_\_\_\_ бар

**3** Манометр

**5** Мембранный расширительный бак (МАГ)

Для каждой солнечной системы требуется заполнить такую таблицу, чтобы избежать ошибок при расчетах и вводе в эксплуатацию.

По минимальному давлению в самой высокой точке установки и статическому давлению можно путем сложения вычислить рабочее давление установки.

Рабочее давление контролируется манометром – при этом нужно учитывать, что чем ниже находятся компоненты системы, тем большему давлению они подвергаются. Это особенно важно при определении начального давления мембранного расширительного бака. Если манометр, например, находится «на уровне глаз», а мембранный расширительный бак на полу, то разность давлений составляет уже около 0,15 бар.

Начальное давление мембранного расширительного бака равно рабочему давлению установки в месте присоединения мембранного расширительного бака ми-

нус 0,3 бара для создания запаса теплоносителя. Наличие запаса теплоносителя необходимо для компенсации уменьшения его объема вследствие снижения температуры по сравнению с температурой заполнения.

Значение 0,3 бара гарантирует, что при заполнении системы необходимое количество теплоносителя (4 процента от объема установки, но не менее 3 л) содержится в мембранном расширительном баке.

Чтобы компенсировать удаление воздуха из теплоносителя в первые недели эксплуатации (снижение давления при удалении воздуха) рекомендуется предусмотреть увеличение давления на 0,1 бара. Таким образом, при вводе в эксплуатацию давление заполнения на 0,1 бара выше рабочего давления в системе.



## **Е.1.2 Подготовка к вводу в эксплуатацию**

### **Минимальные требования к протоколу ввода в эксплуатацию**

Каждый ввод в эксплуатацию должен протоколироваться. Протокол ввода в эксплуатацию является неотъемлемой частью документации на установку и непременным условием надлежащей ее передачи пользователю. При этом нужно учитывать, что для получения субсидий иногда также требуется заполнение специального протокола.

Независимо от вида протокола, в каждом протоколе должны быть указаны следующие данные:

- начальное давление мембранного расширительного бака и рабочее давление установки (при температуре около 20 °С);
- производитель и тип теплоносителя, контрольные значения плотности (защита от замерзания) и pH теплоносителя после заполнения и удаления воздуха;
- настройки регулятора.

Для монтажной, проектной и эксплуатационной организации протокол ввода в эксплуатацию без полного перечня этих данных не имеет практического значения и не должен приниматься.

Чтобы исключить нагревание коллекторов до или во время ввода в эксплуатацию, плоские коллекторы Viessmann поставляются с защитной пленкой.

### **Предотвращение нежелательного нагрева коллекторов во время ввода в эксплуатацию**

Как и при любом вводе в эксплуатацию технического оборудования, продолжительность этого процесса для солнечной системы невозможно определить точно. Частой ошибкой является стремление начать ввод в эксплуатацию до восхода солнца, чтобы все необходимые операции завершить до попадания первых солнечных лучей на коллектор.

Если этот процесс не может быть полностью завершен до начала нагрева коллектора солнечными лучами, ввод в эксплуатацию должен часто прерываться, что при частично заполненной системе очень проблематично. Поэтому самым надежным методом является экранирование коллекторов.

Плоские коллекторы Viessmann поставляются с пленкой на остеклении – эту пленку целесообразно удалять только после ввода установки в эксплуатацию. В продаже имеется также защитное покрытие для вакуумированных трубчатых коллекторов.

Рис. Е.1.2-1 Защитная пленка на плоских коллекторах



## Е.1 Ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание

### **Проверка и регулировка начального давления мембранного расширительного бака**

Проверка и регулировка начального давления мембранного расширительного бака

В главах В.3.5.2 и Е.1.1 уже были подробно описаны расчеты объема мембранного расширительного бака и рабочего давления в солнечной системе. Однако самый тщательный расчет бесполезен, если расчетные значения не соответствуют реальным: часто состояние мембранного расширительного бака при поставке «определяет» рабочее давление установки. Поэтому первым этапом ввода в эксплуатацию является проверка начального давления мембранного расширительного бака. Опыт показывает, что об этом пункте часто забывают, а ведь если установка будет заполнена, наверстать упущенное можно будет только ценой больших затрат.

На промышленных предприятиях хорошо зарекомендовал себя принцип, когда за рабочее давление установки, а следовательно, и за начальное давление мембранного расширительного бака, отвечает тот, кто вводит установку в эксплуатацию, а не тот, кто устанавливает расширительный бак. При вводе в эксплуатацию должен

проводиться повторный полный контроль достоверности всех данных, имеющих значение для рабочего давления установки (см. главу Е.1.1).

После этого производится проверка, а при необходимости и повторная установка начального давления мембранного расширительного бака.

Если необходимо увеличить количество газа, он заполняется азотом, чтобы предотвратить диффузию кислорода в теплоноситель, поскольку мембрана в расширительном сосуде не полностью газонепроницаема, а азот диффундирует через мембрану медленнее, чем кислород, поэтому начальное давление дольше остается стабильным.

Установленное начальное давление должно быть записано в протокол ввода в эксплуатацию, а в целях безопасности – и на самом мембранном расширительном баке. На практике лучше даже писать словами «Начальное давление мембранного расширительного бака». Если на баке указано только значение в барах, то при проверке или техническом обслуживании может возникнуть вопрос, какое же давление имелось в виду, – даже если эту запись делали лично Вы.

Если не проверить начальное давление мембранного расширительного бака с помощью манометра, ввод в эксплуатацию может быть выполнен неправильно.

Рис. Е.1.2-2 Ручной манометр



### Е.1.3 Процесс ввода в эксплуатацию

#### **Испытание под давлением**

Перед промывкой и удалением воздуха необходимо проверить установку на герметичность. Естественно, что это можно делать только при отсутствии нагрева коллектора солнечным излучением. Для этого достаточно полчаса, поскольку температура теплоносителя не изменяется.

Вопрос испытательного давления часто вызывает дискуссии. Основные компоненты проверяются давлением, в 1,5 раза превышающим максимальное рабочее давление. Если этот вид контроля перенести на всю установку, то для испытания под давлением нужно было бы устранить предохранительный клапан и заблокировать его подключение. Если в этом случае не обращать особого внимания на время дня и экранирование коллектора, это может привести к опасному росту давления. Поэтому большинство производителей считают, что будет достаточно испытательного давления, которое составляет до 90 процентов от конечного давления установки (= 80 процентов давления срабатывания предохранительного клапана) – но только со следующим ограничением: система должна быть двухконтурной и испытания вторичного контура проводятся отдельно в соответствии с требованиями к испытаниям систем горячего водоснабжения (см. информационный бюллетень Федерального союза немецких промышленников в области домостроительной, энергетической и экологической технологии № 34, 2008 г.).

#### **Промывка солнечной системы**

Солнечная система должна промываться так же основательно, как и любое другое отопительное оборудование. При этом следует учитывать, что загрязнения не должны вымываться в коллектор. Коллекторы поставляются в очищенном состоянии. Особенно полезно промыть сварные стальные трубопроводы перед присоединением к коллекторам. В этом случае необходимо повторить испытание давлением после их присоединения к коллекторам.

Для паяных медных трубопроводов промывка производится до тех пор, пока не будет удалена вся окалина. Окалина, из-за содержащегося в ней кислорода, приводит к быстрому старению теплоносителя.

Viessmann рекомендует промывать установку теплоносителем через промывочную емкость (см. рис. Е.1.3-1). В большинстве установок не предусмотрено полное вытекание жидкости после промывки и испытания давлением – поэтому есть опасность, что промывочная жидкость останется в системе трубопроводов или в коллекторе. Если установка промывается водой, то она может разбавить теплоноситель, в результате чего он потеряет свои свойства и тогда увеличится опасность повреждения солнечной системы при замерзании. Поэтому специализированные предприятия используют канистру с «промывочным теплоносителем», который можно использовать для этих целей несколько раз. В этом случае следует следить за возможностью смешивания различных теплоносителей (см. главу В.3.4).

#### **Заполнение солнечной системы и удаление из нее воздуха**

Для ввода в эксплуатацию необходимо провести тщательное удаление воздуха из солнечной системы. Еще раз обращаем Ваше внимание, что расположенные на крыше приспособления для удаления воздуха предназначены только для заполнения установки, а не для удаления воздуха во время ее работы (см. главы В.3.3 и С.1.2). Это особенно следует помнить при вводе системы в эксплуатацию.

Рис. Е.1.3-1 Промывочная емкость с насосом



Заполнение и удаление воздуха с помощью открытой промывочной емкости и мощного насоса – это то, что называется современными технологиями. Этот процесс осуществляется за один этап.

## Е.1 Ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание

Недопустимо, чтобы в первые дни эксплуатации установка работала с открытым воздухоотводчиком на крыше. Особенно на первом этапе эксплуатации опасность стагнации сравнительно высока – причиной этого могут являться ошибки регулировки, недостаточный отбор теплоты или прекращение подачи электроэнергии.

Если установка принята в эксплуатацию, из нее уже должен быть полностью удален воздух. Согласно современным технологиям, заполнение и удаление воздуха производится в открытой промывочной емкости с мощным насосом.

В этом случае заполнение системы теплоносителем и удаление воздуха выполняются в одном рабочем процессе. Если в первичном контуре солнечной системы установлен ручной воздухоотводчик, он открывается при заполнении системы теплоносителем и снова закрывается, как только теплоноситель начнет вытекать. В одноконтурных установках все дальнейшие операции можно осуществлять из помещения котельной.

Удаление воздуха через промывочную емкость продолжается не менее 30 минут. При наличии соответствующего опыта мож-

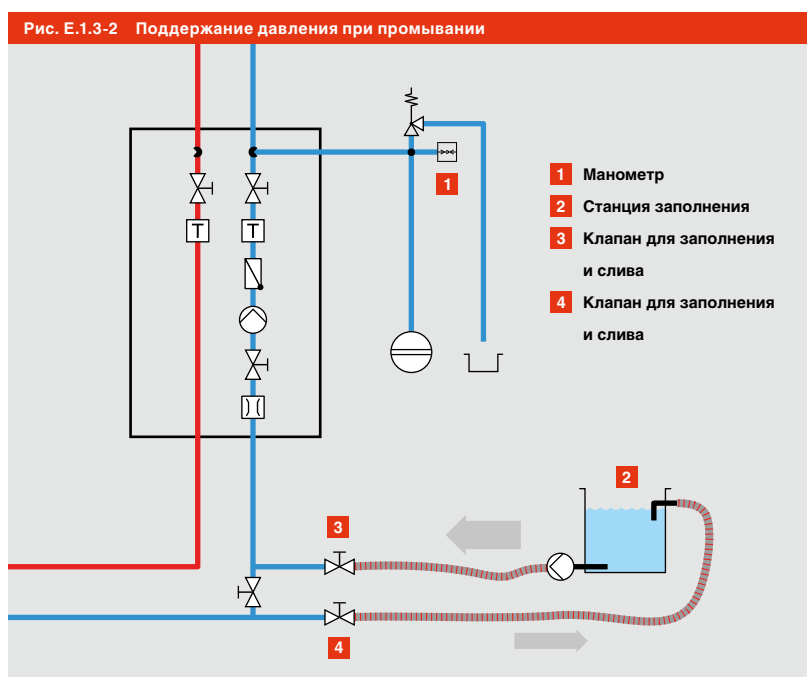
но по консистенции вытекающего теплоносителя (образование пены, пузырьки воздуха) сделать вывод об удалении воздуха из всей установки. В сомнительных случаях лучше проводить промывание на десять минут дольше. При этом следует контролировать положение клапана на подающем к промывочной емкости трубопроводе. Вентиль позволяет избежать снижения давления в коллекторе и в подводящих трубопроводах, то есть статическое давление на манометре должно быть неизменным.

Если гелиополе состоит из нескольких контуров, которые можно отключить, то их можно открывать для удаления воздуха по отдельности. При этом особенно важно поддерживать давление в подающем к промывочной емкости трубопроводе, иначе из теплоносителя в отключенных контурах гелиополя в обратных трубопроводах будет выделяться воздух вследствие понижения давления, и его снова нужно будет удалять из коллектора.

После завершения удаления воздуха клапан на подающем трубопроводе закрывают, и установка остается под давлением. При вводе в эксплуатацию рекомендуется заполнять установку с несколько повышенным давлением (примерно на 0,1 бар), поскольку во время работы, то есть при повышении температуры, в установке дополнительно выделится воздух и давление, соответственно, снизится до рабочего (см. главу Е.1.1).

Для удаления остатков воздуха через воздухоотводчик, особенно в сложных контурах гелиополя и трубопроводах, можно в первые дни запустить установку в ручном режиме управления. Это рекомендуется делать особенно при вводе в эксплуатацию в плохую погоду: если теплоноситель после ввода в эксплуатацию долгое время не циркулирует и есть опасность скопления воздуха в верхних точках установки, вследствие чего установка не сможет быть запущена.

После заполнения гелиоконтуров теплоносителем необходимо измерить и внести в протокол важные характеристики теплоносителя (степень защиты от замерзания и рН) (см. главу Е.1.4).



Во избежание снижения давления на выходе из коллектора и подающем трубопроводе, при промывке и заполнении установки объемный расход в подающем к емкости трубопроводе (4) ограничивается.

### **Ввод в эксплуатацию регулятора**

После заполнения и удаления воздуха можно ввести в эксплуатацию регулятор солнечной системы. Сначала выбирают соответствующую схему солнечной системы и настраивают ее на регуляторе. После этого в ручном режиме проверяют работоспособность всех подключенных компонентов и достоверность показаний датчиков. Далее производят настройку регулятора, то есть устанавливают параметры включения и выключения соответствующих регулирующих функций. При вводе в эксплуатацию все настройки вносятся в протокол.

### **Инструктаж пользователя**

Инструктаж пользователя производится так же, как и для другого инженерного оборудования зданий, и соответствующим образом протоколируется. Правда, не существует особых предписаний для солнечных систем, но пользователю необходимо подробно рассказать о том, как контролировать работу солнечной системы. Если солнечная система работает в бивалентном режиме без автоматического контроля функционирования, пользователь может выявить существующие неполадки только в «ручном» режиме.

### **Первая проверка**

Первая проверка после нескольких недель эксплуатации должна быть обязательной составной частью обслуживания солнечной системы. Если изначально солнечная система работает правильно, можно рассчитывать на правильную эксплуатацию и длительный срок службы. Если первая проверка обнаружит неполадки в работе, следует произвести корректировки и наладку солнечной системы, чтобы обеспечить долгосрочную надежную и эффективную работу установки.

На основании опыта проведения первой проверки после ввода в эксплуатацию солнечной системы были разработаны отраслевые рекомендации, которые сформулированы в Информационном бюллетене BDH № 34 (см. рис. Е.1.3-4).

**Рис. Е.1.3-1 Ввод регулятора в эксплуатацию**



При вводе регулятора в эксплуатацию необходимо установить параметры включения и выключения соответствующих регулирующих функций.

Чтобы облегчить их выполнение для обеспечения эксплуатационной надежности установки, первая проверка была узаконена и теперь она является неотъемлемой частью обслуживания солнечных систем.

### **Приемка установки**

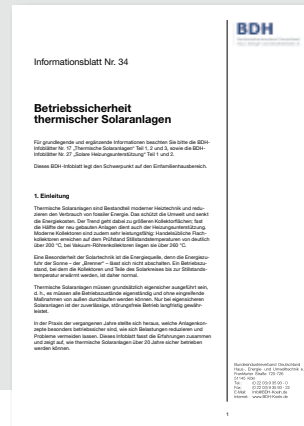
Поскольку полный ввод в эксплуатацию может осуществляться только после обеспечения отбора тепла, необходима частичная приемка, особенно при долгосрочном строительстве. Связанное с приемкой разрешение на осуществление оплаты не должно стать причиной слишком раннего полного ввода в эксплуатацию.

Испытание солнечной системы давлением, заполнение и настройка регулятора могут выполняться, пока коллекторы закрыты специальной пленкой. Таким образом может осуществляться частичная приемка солнечной системы. Рекомендуется согласовывать это при заключении договора.

Рис. E.1.3-4 Рекомендации BDH по объему проверки

Информационный бюллетень BDH № 34 «Эксплуатационная надежность солнечных систем теплоснабжения» содержит отраслевые рекомендации по проведению первой и ежегодной проверок.

Дополнительно к проверке рекомендуется каждые три–пять лет проводить визуальный контроль основных компонентов (коллекторов, трубопровода, арматуры и т. д.).



### 7.1 Объем проверки

В ежегодно проводимую проверку должны входить следующие операции (это относится и к первой проверке):

- удаление воздуха из всех воздухоотводчиков гелиоконтуров;
- сравнение рабочего давления установки с заданным значением (при первой проверке – с исходным значением);
- сравнение рН и степени защиты от замерзания с заданным значением и значением прошлого года (при первой проверке – с исходным значением);
- включение насоса вручную, если это необходимо;
- если есть расходомер: сравнение объемного расхода с заданным значением;
- проверка наличия погрешности манометра и расходомера;
- проверка наличия шума в насосе (есть ли воздух);
- открывание и закрывание обратного клапана;
- проверка термостатического смесительного клапана (не требуется при первой проверке);
- проверка достоверности данных протоколов эксплуатации регулятора (например,  $T_{\max}$  коллектора,  $T_{\max}$  водонагревателя, суммарная производительность и т. д.);
- проверка достоверности показаний в зависимости от интенсивности излучения:
  - температура подающего и обратного трубопровода на термометрах,
  - значения на дисплее регулятора;
- документирование всех настроек и измеренных значений.

Мембранный расширительный бак проверять не нужно, если рабочее давление установки в норме и предохранительный клапан не имеет признаков срабатывания (отложения, капли, увеличение содержимого приемной емкости).

Информационный бюллетень BDH № 34 «Эксплуатационная надежность солнечных систем теплоснабжения» можно найти по следующему адресу:  
[www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de)

#### Е.1.4 Уход за гликольсодержащим теплоносителем

Чтобы теплоноситель мог длительное время выполнять свои функции защиты от замерзания и от коррозии, необходимо минимизировать нагрузку на него, в особенности действие кислорода воздуха при высоких температурах. Более подробную информацию по этому вопросу можно найти в главе В.3.4. В рамках проведения проверки необходимо контролировать pH теплоносителя и содержание в нем гликоля – значение pH позволяет сделать вывод о химическом составе теплоносителя, так как содержание гликоля важно для обеспечения защиты от замерзания.

Теплоноситель Viessmann имеет легкую щелочную реакцию и нейтрализует кислоты, которые могут образовываться вследствие действия высоких температур и кислорода. Щелочная реакция ослабевает с течением времени, теплоноситель может стать кислым, что может привести к повреждению деталей установки. Теплоноситель Viessmann имеет следующие значения pH:

- Tufocor LS / GLS: 9,0 – 10,5;
- Tufocor L / HTL: 7,5 – 8,5.

Значения pH > 7 гарантируют безопасную работу солнечной системы, если же pH снижается ниже этого значения, теплоноситель следует заменить. Для проверки значения pH достаточно простой лакмусовой бумаги.

Рис. 1.4.-1 Лакмусовая бумага



Лакмусовая бумага определяет значение pH проверяемой жидкости путем изменения цвета.

#### Проверка содержания гликоля

Прибор для тестирования охлаждающей жидкости – это простой измерительный прибор, хорошо известный автомобилистам.

При условии, что измерение проводится при комнатной температуре, степень защиты от замерзания можно считать прямо на шкале в °C. Этот метод, конечно, относительно экономичный, но неточный. По сравнению с методом измерений, описанным ниже, он «расходует» очень много теплоносителя.

Более точный метод измерения с помощью рефрактометра, который определяет содержание гликоля по коэффициенту преломления и указывает степень защиты от замерзания в пересчете на температуру (в °C). При этом для вполне точного измерения достаточно нескольких капель теплоносителя.

Существуют разные виды теплоносителей. Их коэффициенты преломления легко различимы. Для надежного определения степени защиты от замерзания с помощью рефрактометра необходимо изучить информацию в техническом паспорте на соответствующий теплоноситель.

Степень защиты среды от замерзания фиксируется в протоколе. Обычно делается запись: «Защита от замерзания – до xx °C».

Рис. 1.4-2 Рефрактометр



Точно определить степень защиты от замерзания можно с помощью рефрактометра по коэффициенту преломления.





## Образование конденсата в плоских коллекторах

Нередко можно увидеть такое явление, как запотевшее стекло коллектора, однако оценивается это явление в большинстве случаев неверно. Ниже мы рассмотрим и поясним причины образования конденсата.

Большинство стандартных плоских коллекторов снабжены отверстиями для вентиляции и удаления воздуха, чтобы влага воздуха не могла конденсироваться в устройстве. При нормальных условиях эксплуатации для этого производится примерно 50-кратный воздухообмен в сутки.

При этом, особенно в первые дни работы установки, на внутренней стороне остекления может происходить интенсивное образование конденсата, до тех пор пока не стабилизируется микроклимат в коллекторе.

### Вентиляция коллектора

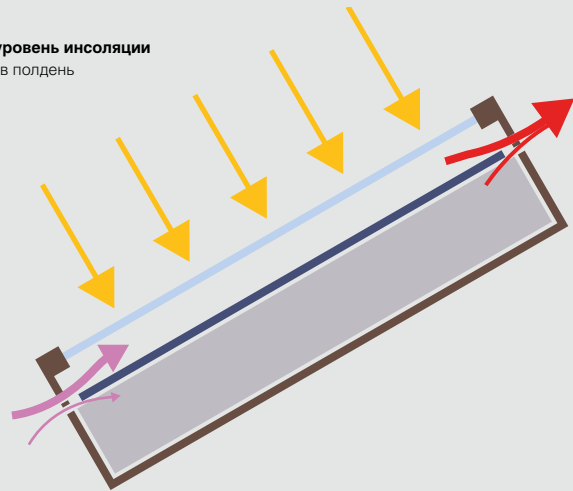
При инсоляции воздух внутри коллектора нагревается и расширяется. Одновременно начинается воздухообмен через отверстия для вентиляции и удаления воздуха.

При уменьшении нагрева (вечером или в облачный день) воздухообмен практически прекращается, и в коллектор попадает более холодный и влажный воздух. Влага из воздуха оседает в основном на тепловой изоляции.

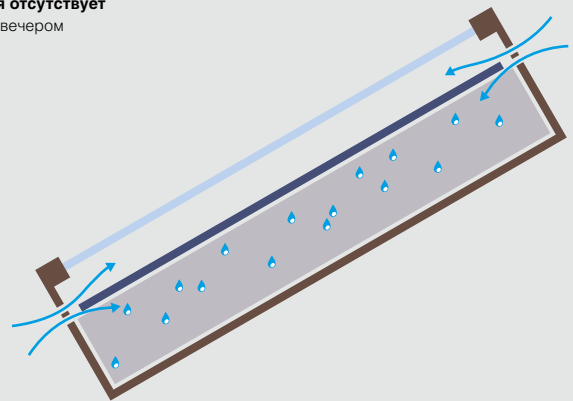
При возобновлении инсоляции влага испаряется и оседает в виде конденсата на внутренней части остекления. Процесс конденсации влаги вполне естественен и не повреждает коллектор. Примерно через 30 минут (в зависимости от погодных условий и количества влаги в коллекторе) коллектор должен высохнуть, и стекло очистится от конденсата. И тогда солнечное излучение снова полностью преобразуется в тепловую энергию.

Рис. Е.2-1 Вентиляция коллектора

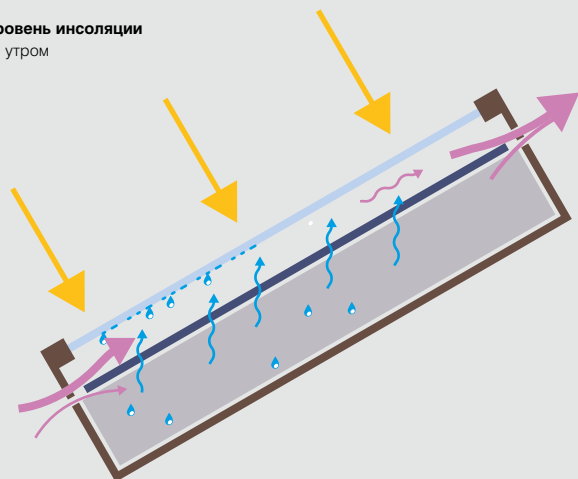
**Высокий уровень инсоляции**  
например, в полдень



**Инсоляция отсутствует**  
например, вечером



**Низкий уровень инсоляции**  
например, утром



Вследствие воздухообмена влага может попасть в коллектор. С началом инсоляции влага из коллектора удаляется.

## Е.2 Образование конденсата в плоских коллекторах

### **Недостаточный воздухообмен**

Каждый воздухообмен – это небольшая потеря теплоты в коллекторе. Размер вентиляционных отверстий – это компромисс между скоростью высыхания влаги и производительностью коллектора.

#### **Примечание**

Вакуумированные трубчатые коллекторы герметичны, и в них не может конденсироваться влага. Если на внутренней стороне вакуумированной трубки образуются капли воды, в трубке есть дефект – такую трубку следует заменить.

При определенных условиях воздухообмен может быть затруднен – вследствие этого коллектор в утренние часы очень долго остается запотевшим:

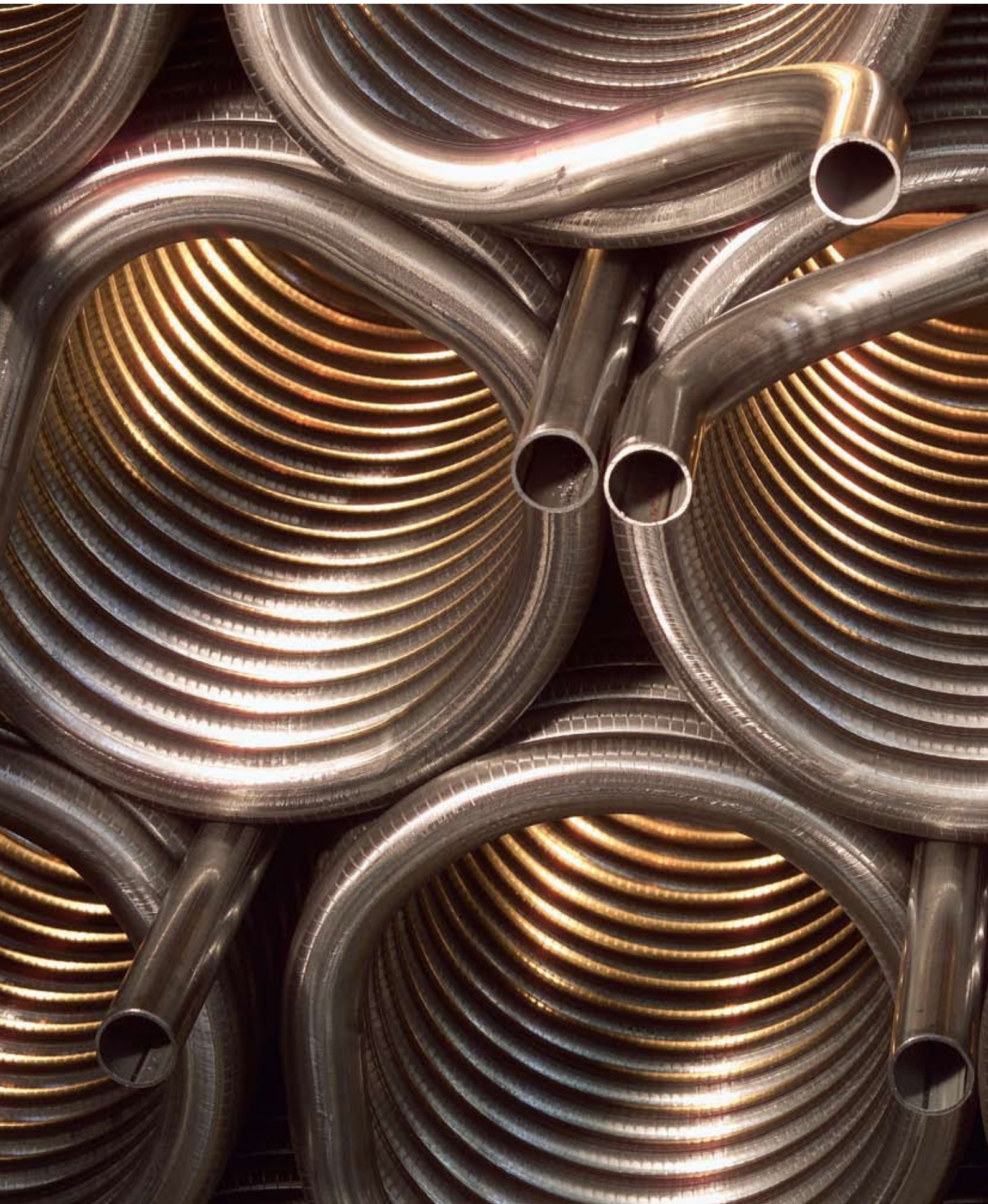
- малый угол наклона коллектора затрудняет конвекцию, а значит, и удаление влаги через отверстия;
- низкие температуры теплоносителя при эксплуатации, например, при подогреве воды в плавательном бассейне, также ухудшают конвекцию в коллекторе;
- очень влажный климат, например, вблизи водоемов или в туманных местностях, может увеличить выделение влаги;
- загрязнение поверхности коллектора (листва) ухудшает циркуляцию воздуха через отверстия или препятствует ей;
- неправильное хранение перед установкой приводит к тому, что коллектор уже при монтаже будет содержать столько влаги, что никогда не сможет быть обеспечена его нормальная эксплуатация.

Эти обстоятельства могут – но не должны – привести к увеличению образования конденсата. Если это случится, рекомендуется вывести коллектор из эксплуатации на несколько дней и понаблюдать за ним. Такое целенаправленное просушивание часто решает проблему.

Надлежащая вентиляция коллектора и удаление из него воздуха могут обеспечиваться только в том случае, если он монтировался с использованием крепежных элементов Viessmann. Вентиляционные отверстия находятся в раме коллектора, они защищены от осадков. Поэтому они должны располагаться на расстоянии не менее 8 мм от монтажной конструкции.







## Приложение

В дополнение к важной технической информации по проектированию, в приложении даются рекомендации по вопросам, связанным с солнечными системами теплоснабжения.

При рассмотрении рентабельности солнечных систем становится ясно, что период амортизации в областях, не связанных с жилищным хозяйством, может изменяться.

Поскольку рассматриваемые здесь аспекты размещения основываются на многолетнем опыте проектирования, монтажа и эксплуатации больших солнечных систем для теплоснабжения, они имеют высокую практическую ценность, особенно для новичков.

После того как солнечные системы теплоснабжения были внесены в постановление об экономии энергии, они были признаны на государственном уровне и заняли прочное место в системе энергоснабжения.

В алфавитном указателе приведены все важнейшие понятия, которые делают настоящее руководство незаменимым справочным пособием для всех профессионалов в данной отрасли.

**178 Рекомендации по обеспечению рентабельности**

**182 Рекомендации по выбору подрядчика для монтажа больших установок**

**184 Рекомендации по выполнению требований постановления об экономии энергии**

**186 Алфавитный указатель**



## Рекомендации по обеспечению рентабельности

Получение компетентных ответов на все экономические вопросы, возникающие в связи с использованием солнечных систем, зачастую имеет такое же значение для их реализации, как и технические аспекты.

### **Небольшие солнечные системы (для многоквартирных домов)**

В 80 процентах случаев поводом для монтажа солнечной системы в многоквартирном доме является модернизация системы теплоснабжения. Поэтому перед такими частными инвесторами стоит вопрос экономичности солнечной системы в связи с общими затратами на модернизацию.

Во время консультации опытный специалист ставит вопрос об использовании солнечной системы не только для горячего водоснабжения, а и для поддержки системы отопления. Более 90 процентов населения положительно относятся к использованию солнечной энергии. Конечно, при первой встрече нельзя не затронуть вопрос стоимости солнечной системы. Если специалист уже реализовал несколько установок, ему достаточно беглого взгляда на крышу, чтобы в общих чертах оценить затраты на солнечную систему. Если реакция на такую предварительную оценку в принципе позитивна, рекомендуется осуществить проектирование солнечной системы и внести ее в проект модернизации системы теплоснабжения здания.

Для облегчения проектирования и калькуляции Viessmann составил готовые пакетные предложения для всех популярных типов солнечных систем и коллекторов.

В случае полной модернизации системы теплоснабжения, при составлении предложения необходимо разделить затраты на солнечную систему и затраты на систему теплоснабжения, то есть выделить отдельно фактические дополнительные затраты, связанные с гелиоустановкой. Такое раздельное представление затрат на модернизацию облегчает принятие решения об использовании солнечной системы.

Затраты на систему теплоснабжения относятся к работам и компонентам, которые необходимы для функционирования системы теплоснабжения. Тем не менее

очень часто они оказываются в той части предложения, которая относится к солнечной системе. В основном это касается трех видов затрат:

- подключений холодной и горячей воды к емкостному водонагревателю;
- подключения и регулирования нагрева (догрева) емкостного водонагревателя;
- затраты на традиционный моновалентный емкостный водонагреватель.

Затратами на солнечную систему являются только дополнительные затраты на бивалентный водонагреватель (по сравнению с моновалентным), и это нужно подчеркнуть особо.

Для калькуляции солнечных систем в новых домах исходят примерно из тех же условий, что и в случае модернизации. В новостройках чистый монтаж солнечной системы стоит меньше, однако больше затрат требуют различные согласования и более частые поездки на объект.

### **Большие солнечные системы (многоквартирные дома, предприятия)**

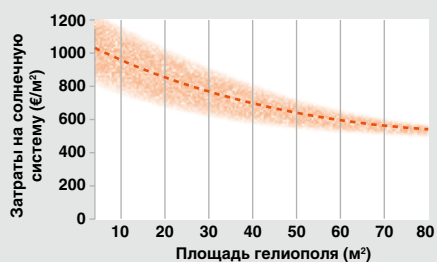
Для больших солнечных систем необходимо уже на этапе предварительного проектирования и выбора концепции представить реалистичную оценочную стоимость, чтобы решить, нужно ли вообще детально проектировать установку. По опыту известно, что здесь нужно заранее предоставить данные об общем объеме мероприятий, которые позволят определить себестоимость тепла, полученного с помощью солнечной энергии.

Для солнечных систем разных размеров в Германии существуют государственные программы стимулирования (Программа стимулирования рынка Solarthermie 2000), которые нужно учесть при оценке затрат. Таким образом, при увеличении размеров солнечной системы уменьшаются как специфические, так и общие удельные затраты.



### Затраты на солнечную систему

Оценка затрат в зависимости от площади гелиополя с плоскими коллекторами включает затраты на подключение емкостных водонагревателей, догрев, а также налог на добавленную стоимость (НДС).



На основе вышеуказанных оценок можно определить долю отдельных компонентов и узлов в общих затратах. При этом следует учесть, что доля затрат на «Монтаж гелиополя и опорной конструкции», а также на «Трубопроводы» является статистическими средними значениями, которые в отдельных случаях могут сильно отличаться от реальных.

### Распределение затрат по компонентам

30 %	коллекторы
15 %	водонагреватель и теплообменник
15 %*	монтаж гелиополя и опорной конструкции
20 %*	трубопроводы
10 %	проектирование
5 %	регулирование
5 %	прочее

\* В неблагоприятных случаях обе эти позиции вместе могут составить до 50 процентов общих затрат.

### Определение стоимости теплоты, полученной с помощью солнечной энергии

Основой экономической оценки солнечной системы является цена за киловатт-час теплоты, выработанной с использованием солнечной энергии. Такая себестоимость теплоты называется также стоимостью теплоты, полученной с помощью солнечной энергии, и может быть относительно просто рассчитана. Основными исходными данными для расчета являются: капитальные затраты, годовые эксплуатационные затраты, потеря процентов на использованный капитал и ожидаемая производительность солнечной системы.

Используемые в расчете показатели сравнимы с показателями, применяемыми в расчете затрат на другие генераторы теплоты и определяются следующим образом.

### Капитальные затраты

Это все затраты на солнечную систему и все накладные расходы, необходимые для сооружения установки. Сюда, например, относятся расходы на подъемный кран, но не на реконструкцию крыши, если ее, так или иначе, необходимо провести, но по времени это совпало с сооружением солнечной системы.

Из суммы капиталовложений вычитаются все субсидии и все сэкономленные затраты на компоненты (затраты на модернизацию системы теплоснабжения). Если солнечная система сооружается, например, в рамках реконструкции системы теплоснабжения и при этом используется бивалентный водонагреватель, можно из затрат на солнечную систему вычесть стоимость уже не нужного моновалентного водонагревателя.

### Эксплуатационные расходы

Это затраты на содержание – ежегодные расходы на техническое обслуживание и необходимый ремонт. В больших установках (более 30 м²) это значение составляет 1,5 процента от фактических расходов на солнечную систему.

В этом пункте определение затрат отличается от методики, приведенной в VDI 6002. Там затраты на содержание составляют 1 – 2 процента от капитальных затрат, в которых субсидии уже вычтены из затрат на солнечную систему. Поскольку размер субсидий может быть очень разным, картина фактических расходов на содержание солнечной системы будет искажена. Затраты, например, на замену насоса не зависят от того, были ли они субсидированы при монтаже.

### Затраты на потребление энергии

Здесь учитываются только затраты на электроэнергию для питания регулятора и насосов. При использовании правильно подобранных насосов можно использовать коэффициент 50, то есть с помощью 1 кВт·ч электроэнергии солнечная система может произвести 50 кВт·ч тепловой энергии.

### Коэффициент аннуитета

С помощью коэффициента аннуитета производится перерасчет капитальных затрат на всю солнечную систему за год с учетом срока эксплуатации и принятых процентов на капитал. Это определяет капитальные затраты в зависимости от годовой процентной ставки. Коэффициент аннуитета определяют исходя из срока эксплуатации 20 лет:

$$f_a = \frac{(1+p)^T \cdot p}{(1+p)^T - 1}, \text{ где}$$

- $f_a$  – коэффициент аннуитета;
- $p$  – ставка процента на капитал в виде десятичной дроби;
- $T$  – срок эксплуатации установки (количество лет).

Источник: VDI 6002 часть 1

Коэффициент аннуитета	
Коэффициент аннуитета в зависимости от процентной ставки при сроке эксплуатации 20 лет	
Процентная ставка	Коэффициент аннуитета
3%	0,067
4%	0,074
5%	0,080
6%	0,087
7%	0,094
8%	0,102
9%	0,110
10%	0,117

### Стоимость теплоты, полученной с помощью солнечной системы

Кроме четырех названных величин в определении стоимости теплоты, полученной с помощью солнечной системы, включается еще годовая производительность солнечной системы.

$$k_{sol} = \frac{K_{inv} \cdot f_a + K_{betr}}{Q_{sol}} + K_{verbr}, \text{ где}$$

- $k_{sol}$  – стоимость теплоты, полученной с помощью солнечной системы в €/кВт·ч;
- $K_{inv}$  – капитальные затраты в €;
- $K_{betr}$  – эксплуатационные затраты в €/год;
- $K_{verbr}$  – затраты на потребление энергии в €/кВт·ч;
- $f_a$  – коэффициент аннуитета;
- $Q_{sol}$  – производительность солнечной системы в кВт·ч/год.

Источник: VDI 6002 часть 1

Стоимость теплоты, полученной с помощью солнечной системы  $k_{sol}$  – это стоимость одного киловатт-часа теплоты в Евро, она действительна на протяжении всего срока эксплуатации установки. Расчет подробно описан в VDI 6002 часть 1 и может выполняться как с учетом, так и без учета НДС. Важно только, чтобы это было одинаково для всех составляющих.

#### Пример расчета 1

Солнечная система с площадью гелиополя 170 м<sup>2</sup>

При стоимости установки 100 000 € за вычетом субсидии 20 000 € капитальные затраты составляют 80 000 €. Производительность солнечной системы составляет 81 600 кВт·ч/год (480 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год). Техническое обслуживание и ремонт составляют 1,5 процента стоимости солнечной системы, стоимость электроэнергии составляет 0,2 €/кВт·ч. Ожидаемый процент на капитал – 5%.

$$K_{inv} = 80\,000 \text{ €};$$

$$K_{betr} = 1\,500 \text{ €};$$

$$K_{verbr} = 0,004 \text{ €/кВт·ч};$$

$$f_a = 0,08;$$

$$Q_{sol} = 81\,600 \text{ кВт·ч};$$

$$k_{sol} = \frac{80\,000 \text{ €} \cdot 0,08 + 1\,500 \text{ €}}{81\,600 \text{ кВт·ч}} + 0,004 \text{ €/кВт·ч}.$$

Стоимость одного киловатт-часа, произведенного с помощью солнечной системы, составляет 10,1 цента.

#### Пример расчета 2

Солнечная система с площадью гелиополя 50 м<sup>2</sup>

При стоимости солнечной системы 35 000 € за вычетом субсидии 7 000 € капитальные затраты составляют 28 000 €. Производительность составляет 20 000 кВт·ч/год (400 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год). Техническое обслуживание и ремонт составляют 1,5 процента стоимости установки, стоимость электроэнергии составляет 0,2 €/кВт·ч. Ожидаемый процент на капитал – 5%.

$$K_{inv} = 28\,000 \text{ €};$$

$$K_{betr} = 525 \text{ €};$$

$$K_{verbr} = 0,004 \text{ €/кВт·ч};$$

$$f_a = 0,08;$$

$$Q_{sol} = 20\,000 \text{ кВт·ч};$$

$$k_{sol} = \frac{28\,000 \text{ €} \cdot 0,08 + 525 \text{ €}}{20\,000 \text{ кВт·ч}} + 0,004 \text{ €/кВт·ч}.$$

Стоимость одного киловатт-часа, произведенного с помощью солнечной системы, составляет 14,2 цента.

**Пример расчета 3**

Солнечная система с площадью коллектора 5 м<sup>2</sup>

При стоимости солнечной системы 4 000 € за вычетом субсидии 500 € капитальные затраты составляют 3 500 €. Производительность составляет 1 750 кВт·ч/год (350 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год). Техническое обслуживание и ремонт составляют 1,5 процента стоимости установки, стоимость электроэнергии составляет 0,2 €/кВт·ч. Ожидаемый процент на капитал – 5%.

$$K_{inv} = 3500 \text{ €};$$

$$k_{betr} = 60 \text{ €};$$

$$k_{verbr} = 0,004 \text{ €/кВт·ч};$$

$$f_a = 0,08;$$

$$Q_{sol} = 1750 \text{ кВт·ч};$$

$$k_{sol} = \frac{3500 \text{ €} \cdot 0,08 + 60 \text{ €}}{1750 \text{ кВт·ч}} + 0,004 \text{ €/кВт·ч}.$$

Стоимость одного киловатт-часа, произведенного с помощью гелиоустановки, составляет 19,8 цента.

Цена киловатт-часа сильно зависит от принятой процентной ставки на капитал. В примере 1 она может варьироваться от 7,1 цента (без процентов на капитал, то есть  $f_a = 0,050$ ) до 13,7 цента (при ставке 10 процентов) при прочих равных условиях. Как и для всего оборудования длительного пользования, желаемые или ожидаемые проценты на капитал оказывают основное влияние на амортизацию.

**Амортизация**

Если стоимость теплоты, полученной с помощью солнечной системы, известна, амортизация последней зависит, в основном, от изменения затрат на сэкономленное топливо. На используемое солнечное излучение затраты не требуются, рост цен на электроэнергию для насосов и регулятора, как и услуги технического обслуживания оказывают малое влияние. Стоимость теплоты, полученной с помощью солнечной энергии, при определении амортизации рассматривается почти как константа, а в остальном амортизация определяется, как в любом другом экономическом расчете.

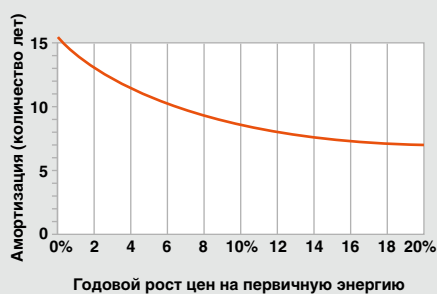
Важно, чтобы для определения расходов на энергию, предоставляемую традиционным способом, принимались реалистичные коэффициенты использования – например, на горячее водоснабжение летом.

Эксплуатационные расходы при традиционном производстве теплоты не нужно учитывать при расчете экономии. Комбинация с солнечной системой оказывает, правда, как правило, положительное влияние на эксплуатационные характеристики котельной установки (уменьшение пусков горелки), но финансовые затраты на техническое обслуживание и ремонт при этом практически не снижаются.

Пока принятый рост цен на энергию находится в логических пределах, он оказывает сравнительно небольшое влияние на срок амортизации. Рост цен на энергию имеет большое влияние только на экономии средств в денежном выражении за этот период. При сроке эксплуатации солнечной системы более 20 лет, конечно, очень сложно точно просчитать экономию, например, до 2030 года.

**Пример**

Стоимость теплоты, полученной с помощью солнечной системы 0,101 €/кВт·ч, цена на первичную энергию в первый год 0,08 €/кВт·ч, коэффициент использования традиционного источника теплоты 70 процентов.



Поскольку никто не может предусмотреть рост цен на энергию в ближайшие годы, для определения срока амортизации можно работать с нормами инвестора. Для инвестора все цифры полностью понятны, будь то 7, 10 или 15 процентов, которые он принимает. Числовые значения амортизации солнечной системы всегда находятся в обозримом диапазоне, привычном для строительной отрасли.

## Рекомендации по выбору подрядчика для монтажа больших установок

Для размещения заказа (выбор подрядчика) на большие солнечные системы действуют такие же правила, как и для любых других строительных работ в области теплоснабжения. При этом есть, конечно, специфические для солнечных систем аспекты, которые и будут рассмотрены далее.

### Планирование сроков строительства

Планирование сроков строительства является составной частью договора, поэтому, в основных чертах, его следует иметь уже при размещении заказа – это облегчит поставщику составление калькуляции.

В особенности в проектах новых домов монтаж емкостного водонагревателя, как правило, является работой, выполняемой заблаговременно, такой монтаж иногда осуществляется до возведения стен или установки дверей. Емкостный водонагреватель зачастую является самым крупным компонентом котельной, поэтому его нужно установить на месте своевременно.

К работам, выполняемым в последнюю очередь, относится монтаж коллекторов, а после этого – максимально быстрый ввод установки в эксплуатацию.

### Установка подъемного крана

Для большинства случаев монтажа гелиополя для больших солнечных систем требуется установка подъемного крана. При планировании необходимо определить, кто будет отвечать за установку крана или будет ли еще на стройплощадке имеющийся там подъемный кран на момент монтажа коллектора. Строительный договор должен в любом случае содержать соответствующие положения по этому вопросу.

Всегда целесообразнее еще раз заказать кран для монтажа коллекторов, чем установить коллекторы слишком рано, а потом неделями подвергать систему высокой тепловой нагрузке.

### Проектирование шахт для прокладки трубопроводов

Если трубопровод гелиоконтур должен прокладываться внутри здания, необхо-

димо предусмотреть на этапе проектирования шахты для их прокладки. При этом, наряду с температурным удлинением, необходимо учитывать, что для трубопроводов гелиоконтур предусматривается такая же толщина изоляции и такое же расстояние до трубопроводов холодного водопровода, как и для трубопроводов системы теплоснабжения.

### Присоединение системы водоснабжения (системы отопления) и электропитания

Если трубопроводы системы водоснабжения и солнечной системы являются разными объектами и должны передаваться отдельно, в перечне работ необходимо точно описать их присоединение. Если подключение холодной и горячей воды к водонагревателю или водонагревателям должна выполнять водопроводная компания, это необходимо указать в перечне работ с учетом вопросов обеспечения. Например, если протекает муфта трубопровода горячей воды, то уже из перечня работ должно быть ясно, кто за это отвечает.

Это касается и случая, когда установку дополнительного источника теплоты для догрева водонагревателей не должна выполнять фирма, занимающаяся монтажом солнечной системы. В этом случае необходимо также урегулировать все эти вопросы.

### Описание изоляции

Если изоляционные работы заказываются отдельно, необходимо иметь в виду, что изоляция трубопровода гелиоконтур должна удовлетворять специфическим требованиям (температура, ультрафиолетовое излучение, повреждение мелкими животными).

### **Центральный регулятор и система управления инженерным оборудованием здания**

Настройка солнечной системы с центрального пульта управления является, судя по опыту, одной из критических точек при необходимости координации различных подразделений. При распределении заданий в соответствующих перечнях работ всегда следует исходить из того, что строитель установки плохо ориентируется в системе управления инженерным оборудованием здания, а тот, кто занимается регулированием, не компетентен в солнечных системах теплоснабжения.

Для всех современных программируемых регуляторов есть модули для подключения солнечных систем, однако в каждом случае они должны подбираться индивидуально. Поэтому нужно четко согласовать:

- кто определяет и описывает основные функции солнечной системы;
- кто документирует эти функции и следит за соответствующей документацией;
- кто составляет перечень параметров (точки включения/выключения, частоту вращения насосов и т. д.) и, конечно же, следит за объектами после пуска;
- при вводе в эксплуатацию должен присутствовать специалист, компетентный в вопросах регулирования;
- инсталлятор солнечной системы должен определять и документировать вид и объем сообщений о неисправностях;
- инсталлятор солнечной системы должен быть информирован о появлении сообщения о неисправности, либо такое сообщение должно направляться непосредственно ему.

Кроме того, необходимо, чтобы при «обкатке» и оптимизации центральной системы регулирования солнечная система не была «случайно» выключена. Бывает, что при проведении таких работ в системе управления инженерным оборудованием здания летом отключают всю установку. При этом редко помнят о том, что для парообразования (стагнации) в гелиоконтуре достаточно нескольких минут. В этом случае необходимо обеспечить присутствие инсталлятора установки, чтобы он мог принять соответствующие меры. Ответственный проектировщик обеспечивает оперативное согласование всех вопросов между службами, принимающими участие в процессе.

Полезно было бы, несмотря на наличие общей регулировки, использовать отдельный регулятор солнечной системы и с его помощью управлять основными функциями солнечной системы. При этом, однако, сообщения о неисправности должны передаваться на пульт управления. При необходимости можно дополнительно установить датчик температуры или счетчик тепловой энергии, а если требуется, визуализировать и документировать их показания. При таком решении нельзя влиять на функции солнечной системы через систему управления инженерным оборудованием здания, что в обычных ситуациях и не требуется. Система регулирования солнечной системы работает тогда – в известной степени – как автономное автоматическое оборудование.

### **Безопасность работ**

Поставщик солнечной системы должен иметь возможность сделать вывод о том, какими защитными приспособлениями он может пользоваться при монтаже коллектора (ограждения, леса) или какие приспособления он должен подготовить сам – они должны соответствовать действующим нормам профессионального союза.

Если на плоских крышах есть площадки для установки защитного ограждения (Sekuranten), в плане строительства должна быть обеспечена возможность их использования. Отсутствие или недостаток защитных приспособлений затягивают начало кровельных работ. При размещении заказа также должно быть ясно, кто берет на себя расходы по ним.

Если стройка попадает под действие Постановления по безопасности на стройплощадках (BaustellV), необходимо обеспечить, чтобы координатор по безопасности и охране здоровья (SiGeKo) информировался о ходе монтажа коллектора. Целесообразно провести протоколируемое совещание между ним и инсталлятором солнечной системы.

### **Защита коллектора**

Для непредвиденных случаев: в предложении нужно обязательно предусмотреть место, где будет находиться защитное покрытие для коллекторов.

## Рекомендации по выполнению требований постановления об экономии энергии (EnEV)

В постановлении об экономии энергии (EnEV) законодатель впервые признал, что солнечные системы теплоснабжения, бесспорно, вносят весомый вклад в экономию энергии в зданиях.

### Оценка солнечных систем теплоснабжения в постановлении об экономии энергии

Первое постановление об экономии энергии (EnEV 2002) вступило в силу 1 февраля 2002 года и объединило действующие до этого постановления по тепловой защите и отопительным установкам. Принципиально новой была концепция по первичной энергии, то есть при определении энергоснабжения в здания учитывалась вся энергетическая цепочка от добычи сырья до отбора полезной теплоты. Благодаря этому техническое оборудование приобрело большое значение для выполнения требований по экономии энергии в зданиях.

Когда действующее в настоящее время постановление EnEV установило предельные значения для потребности в первичной энергии, в соответствующих стандартах были определены инструкции по расчету потребности в теплоте для отопления и эффективности оборудования. DIN V 18599 (ранее DIN V 4701 часть 10) приводит основы расчета оборудования, а DIN V 4108 часть 6 дает соответствующие правила по строительной физике.

Показатель затрат установки по первичной энергии  $e_p$  состоит, упрощенно говоря, из показателя затрат генератора теплоты (преобразование энергии в теплоту) и коэффициента первичной энергии  $f_p$  для используемого вида энергии (преобразование первичной энергии в конечную энергию). Кроме того, в показателе затрат установки входят потери в цепи передачи теплоты (теплопотери водонагревателя, теплопотери трубопроводов, потери на теплопередачу), а также необходимые вспомогательные виды энергии (электроэнергия для работы насосов, горелок, регуляторов).

### Годовая потребность в первичной энергии для жилого здания

$$Q_p = (Q_h + Q_{tw}) \cdot e_p, \text{ где}$$

$Q_p$  – годовая потребность в первичной энергии;

$Q_h$  – годовая потребность в теплоте для отопления согласно DIN V 4108 часть 6;

$Q_{tw}$  – годовая потребность в теплоте на горячее водоснабжение согласно DIN V 18599;

$e_p$  – показатель затрат установки по первичной энергии.

Солнечные системы теплоснабжения учитываются в показателе затрат установки  $e_p$  через коэффициент первичной энергии  $f_p$ . Благодаря тому, что коэффициент первичной энергии  $f_p$  для солнечной энергии равен нулю, показатель затрат установки  $e_p$  можно улучшить на 25 процентов, в зависимости от характеристик здания и доли замещения тепловой нагрузки.

### Взаимосвязь между конечной энергией, первичной энергией и коэффициентом первичной энергии (с учетом вспомогательной энергии)

$$Q_p = f_p \cdot Q_e, \text{ где}$$

$Q_p$  – годовая потребность в первичной энергии;

$Q_e$  – годовая потребность в конечной энергии по отдельным энергоносителям;

$f_p$  – коэффициенты первичной энергии по отдельным энергоносителям.



### Метод расчета с учетом солнечных систем теплоснабжения

В части 10 DIN V 18599 приведены нормативные показатели теплотребления системы горячего водоснабжения в многоквартирном доме  $Q_{tw} = 12 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , в многоквартирном доме этот показатель составляет  $Q_{tw} = 16 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  в пересчете на отапливаемую площадь. Эти значения можно также рассчитать по методу, приведенному в DIN V 18599 часть 8 (Расчет системы горячего водоснабжения).

Солнечные системы горячего водоснабжения по данным DIN V 18599 часть 8 классифицируют в зависимости от их потребности в тепловой энергии. При этом различают методы расчета «небольших» и «больших» солнечных систем.

В небольших солнечных системах для аккумуляции солнечной энергии используются бивалентные водонагреватели. При определении тепловых потерь водонагревателя учитываются только потери в подготовительном объеме.

Большие солнечные системы горячего водоснабжения используют для аккумуляции солнечной энергии водонагреватель ГВС и отдельную буферную емкость, нагреваемую солнечной энергией. Здесь учитывают только теплотери водонагревателя ГВС, поскольку буферная емкость служит исключительно для аккумуляции солнечной энергии и ее потери уже учтены в производительности солнечной системы.

DIN V 18599 часть 5 (Расчет систем отопления) предлагает метод расчета солнечных систем для поддержки систем отопления, с помощью которого можно определить производительность таких солнечных систем. Этот метод отличается от действующего до сих пор метода DIN 4701 часть 10, который учитывал только суммарную долю солнечной системы в поддержке систем отопления по отношению к общей тепловой нагрузке.

## Алфавитный указатель

38	<b>Абсорбер</b>	53	Внутренняя молниезащита
39	Абсорбер с арфообразными трубками	138	Водонагреватель для теплового насоса
39	Абсорбер с трубками в форме меандра	115	Водонагреватель предварительного нагрева
23	Азимут	46	Водоотводящее покрытие
58	Аккумуляция теплоты	84	Воздухоотводчик
181	Амортизация	84	Воздухоотделитель
86	Антикоррозионная защита	46	Встраивание коллектора в крышу
31	Антифриз	70	Встроенный теплообменник
20	Атмосфера	93	Входной сосуд
		78	Выбор насоса
		134	Высокотемпературное использование
79	<b>Байпасная линия</b>		
102	Балансировочный вентиль		
87	Безопасность солнечной системы		
183	Безопасность работ	42	<b>Гарантия качества</b>
62	Бивалентный водонагреватель	100	Гелиополе
63	Буферная емкость	147	Гистерезис
121	Буферная емкость для системы отопления	85	Гликоль в теплоносителе
64	Буферная емкость с внешним теплообменником	31	Гликоль как антифриз
62	Буферная емкость с встроенным теплообменником	120	Годовой коэффициент замещения
110	Буферная емкость, расчет	42	Голубой ангел – «Blue Angel»
		26	График коэффициента полезного действия
37	<b>Вакуумированный трубчатый коллектор</b>	150	<b>Датчик излучения</b>
162	Ввод в эксплуатацию	104	Датчик температуры
81	Вентиль	148	Датчик температуры
51	Ветровая нагрузка	69	Двухконтурные установки
71	Внешний теплообменник	69	Двухконтурные установки с естественной циркуляцией
		81	Двухходовой клапан

- 74 Диаметр трубопровода  
17 Длина волны излучения  
29 Доля тепловой нагрузки, покрываемая за счет солнечной энергии  
149 Дополнительные функции регулятора
- 62 Емкостный водонагреватель**  
108 Емкостный водонагреватель для предварительного нагрева  
112 Емкостный водонагреватель системы ГВС, подбор
- Заполнение солнечной системы**  
167  
65 Зарядка емкостного водонагревателя  
45 Затенение  
179 Затраты  
179 Затраты на солнечную систему  
31 Защита от замерзания  
42 Знак CE
- Излучение**  
20  
156 Измерение производительности  
183 Изоляция  
83 Изоляция трубопроводов  
169 Инструктаж пользователя  
21 Интенсивность  
17 Интенсивность солнечного излучения  
126 Использование в производственном секторе  
167 Испытание под давлением
- Кавитация**  
163  
179 Капитальные затраты  
42 Качество  
130 Кожухотрубный теплообменник  
36 Коллектор  
102 Коллекторная панель  
64 Комбинированный емкостный водонагреватель  
110 Комбинированный емкостный водонагреватель, подбор  
60 Конвективные теплопотери  
172 Конденсация  
132 Кондиционирование  
156 Контроль производительности  
154 Контроль работы
- 155 Контроль температур  
155 Контроль функционирования  
61 Коррозионная защита водонагревателя  
50 Коррозионная устойчивость  
137 Котел для сжигания древесины  
137 Котел на биомассе  
180 Коэффициент аннуитета  
25 Коэффициент полезного действия коллектора  
132 Коэффициент преобразования  
94 Коэффициент температурного расширения  
25 Коэффициент тепловых потерь  
82 Крепление трубопроводов  
130 Крытые бассейны
- Максимальная высота стояния солнца**  
19  
27 Максимальная мощность  
90 Мембранный расширительный бак  
102 Многоконтурное гелиополе  
52 Молниезащита  
53 Молниеотвод  
62 Моновалентный емкостный водонагреватель  
44 Монтаж коллектора  
46 Монтаж на крыше  
47 Монтаж на плоской крыше  
48 Монтаж на плоской крыше в горизонтальном положении  
45 Монтаж на скатной крыше  
49 Монтаж на стене  
27 Мощность коллектора  
89 Мощность парообразования  
93 Мощность теплообменника-охладителя
- Насос байпасного контура, датчик температуры**  
150  
78 Насос гелиоконтура  
79 Насосный узел Solar-Divicon  
166 Начальное давление в мембранном расширительном баке, определение  
164 Начальное давление в мембранном расширительном баке, расчет  
127 Неостекленный коллектор  
127 Низкотемпературные тепловые нагрузки

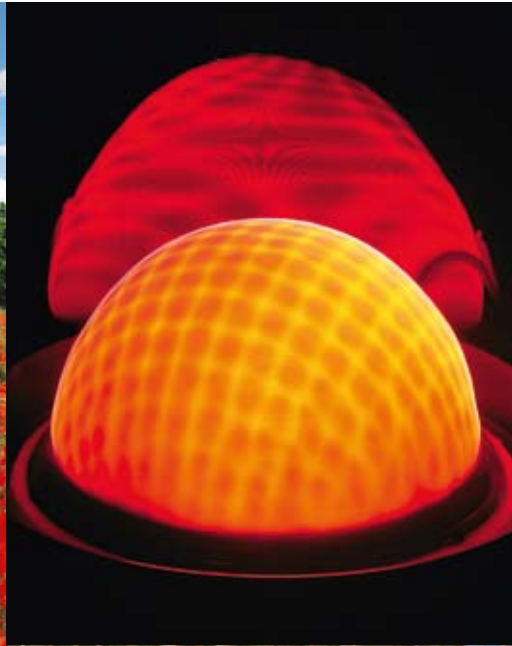
81	<b>Обратная циркуляция</b>		
68	Обратный клапан	71	Потери давления, внешние тепло-обменники
93	Объем пара		
148	Ограничение максимальной температуры	74	Потеря давления
118	Ограничитель максимальной температуры	81	Предотвращение циркуляции в гелиоконтуре
101	Одноконтурное гелиополе	96	Предохранительный клапан
69	Одноконтурные установки с естественной циркуляцией	169	Приемка установки, частичная приемка
74	Определение диаметра трубопровода гелиоконтур	96	Приемная емкость
73	Определение расхода теплоносителя	118	Присоединение циркуляционного трубопровода
128	Определенная температура воды в бассейне	171	Проверка содержания гликоля
26	Оптический коэффициент полезного действия	100	Проектирование гелиополя
105	Ориентация коллектора	28	Производительность коллектора
23	Ориентация поглощающей поверхности	167	Промывка солнечной системы
127	Открытый бассейн	85	Пропиленгликоль
132	Охлаждение		
158	Оценка производительности	163	<b>Рабочее давление</b>
		89	Радиус действия пара
134	<b>Параболический концентратор</b>	115	Разгрузочный контур
76	Параллельное подключение коллекторов	25	Разность температур
88	Парообразование в коллекторе	48	Расстояние между рядами коллектора
169	Первая проверка	48	Расстояние между рядами коллекторов
72	Первичный контур	73	Расход теплоносителя в первичном контуре
66	Перфорированная труба	80	Расходомер
127	Плавательный бассейн	106	Расчет солнечных систем
128	Плавательный бассейн	140	Расчет солнечной системы
40	Пластинчатый абсорбер	120	Расчет солнечной системы для поддержки системы отопления
71	Пластинчатый теплообменник	74	Расчет потери давления
114	Пластинчатый теплообменник, подбор	140	Расчет, моделирование
37	Плоские коллекторы	27	Расчетная мощность
41	Площадь абсорбера	107	Расчетное потребление
41	Площадь апертуры	147	Регулирование по разности температур
41	Площадь брутто коллектора	117	Регулировка догрева
151	Подавление догрева котлом	145	Регулятор
99	Подбор компонентов	73	Режим максимального расхода
78	Подбор насоса	73	Режим минимального расхода
90	Поддержка давления	73	Режим регулируемого расхода
119	Поддержка системы отопления		
104	Подключение коллекторных панелей	38	<b>Селективное покрытие</b>
127	Полимерный пленочный коллектор	32	Система «Drainback»
76	Последовательное подключение коллекторов	74	Скорость теплоносителя
77	Потери давления в трубопроводе	118	Смеситель системы ГВС
		51	Снеговая нагрузка
		81	Соединение труб
		18	Солнечная постоянная

20	Солнечное излучение	90	<b>Фазы стагнации</b>
162	Соотношение давлений	146	Функции регулятора
163	Соотношение давлений в солнечной системе	152	Функция обратного охлаждения
132	COP	152	Функция охлаждения коллектора
17	Спектральное распределение	152	Функция периодического включения
78	Стагнация		
152	Стагнация, предотвращение		
163	Статическое давление	79	<b>Характеристика сопротивления</b>
40	Стеклоанный абсорбер		
171	Степень защиты от замерзания		
180	Стоимость теплоты	78	<b>Циркуляционный насос</b>
65	Стратификация	118	Циркуляционный трубопровод, присоединение
20	Суммарное солнечное излучение	73	Циркуляция в гелиоконтуре
107	Солнечная система ГВС, расчет		
68	Солнечная система с естественной циркуляцией		
		169	<b>Частичная приемка</b>
		39	Черный хром
27	<b>Температура стагнации</b>		
59	Температурное расслоение		
82	Температурное расширение	134	<b>Электростанции с параболическими концентраторами</b>
62	Теплоаккумулирующая среда, вода для системы ГВС	58	Энергоемкость аккумулятора
63	Теплоаккумулирующая среда, вода для системы отопления	179	Эксплуатационные расходы
83	Тепловая изоляция трубопроводов		
38	Тепловая труба	90	DEV
138	Тепловой насос	89	DPL
60	Тепловые потери в водонагревателе	89	DR
85	Теплоноситель	184	EnEV [Германия]
70	Теплообменник	140	ESOP
131	Теплообменник для плавательного бассейна	42	KEA
		42	Solar Keymark
		20	Air mass
113	Теплообменник, расчет		
90	Теплообменник-охладитель		
117	Термическая дезинфекция		
86	Термомасло		
152	Термостатические функции		
42	Тестирование коллекторов		
162	Техническое обслуживание		
81	Трубопроводы		
23	<b>Угол наклона коллектора</b>		
167	Удаление воздуха из системы		
84	Удаление воздуха, воздухоотводчик		
27	Установленная мощность		









Для заметок



Издатель  
ООО «Рекламное агенство «Злато-Граф»

Свидетельство о внесении субъекта  
издательского дела в Государственный реестр  
издателей, изготовителей и распространителей  
издательской продукции: серия ДК № 2885  
от 27.06.2007 выдано Государственным комитетом  
информационной политики, телевидения  
и радиовещания Украины.

**Руководство по проектированию  
систем солнечного теплоснабжения.**

К 10-летию ООО «Виссманн» в Украине.  
К. «Злато-Граф», 2010 – Язык русский.

**[www.zlatograf.com](http://www.zlatograf.com)**

© 2010 Злато-Граф



climate of innovation

ООО «Виссманн»

г. Киев тел.: (044) 461 98 41

г. Львов тел.: (032) 241 93 52

г. Донецк тел.: (062) 385 79 93

г. Одесса тел.: (0482) 32 90 52

г. Харьков тел.: (057) 704 31 20

[www.viessmann.ua](http://www.viessmann.ua)