

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЕЙ

для нагрева воды на нужды
горячего водоснабжения





Публикация подготовлена и издана в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», реализуемого Программой развития ООН и Департаментом по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь при финансовой поддержке Глобального экологического фонда.

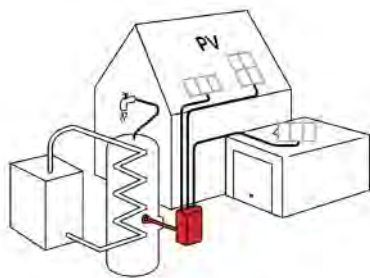
Представленные материалы отражают точку зрения автора, которая может не совпадать с официальной позицией Программы развития ООН, Глобального экологического фонда и Департамента по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь. Содержание публикации носит рекомендательный характер, не имеет юридической силы, не может быть основанием для принятия решений государственной значимости.

Программа развития ООН в Республике Беларусь
Глобальный экологический фонд
Департамент по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь



А. В. Бедунько

Применение солнечных фотоэлектрических панелей для нагрева воды на нужды горячего водоснабжения



Минск
2014



В брошюре рассмотрен нетипичный для нашей страны вариант использования солнечных фотоэлектрических панелей, но набирающий популярность в странах Западной Европы — применение их для нагрева воды. Представлено общее устройство таких систем и варианты их использования. Также описаны две типичных разновидности таких систем и функциональные особенности их эксплуатации. В дополнение приведено краткое сравнение с системами нагрева воды на основе солнечных тепловых коллекторов с выявлением достоинств и недостатков.

Брошюра представляет интерес для энергетиков организаций, в которых имеются удалённые от тепловых коммуникаций объекты (отделения Белорусской железной дороги, сети АЗС и т. д.), и организаций, проектирующих такие объекты. Также брошюра будет интересна физическим лицам, имеющим частные дома вдали от газовых магистралей, что значительно усложняет вопрос организации горячего водоснабжения на достаточном уровне комфорта.

Данная публикация подготовлена и издана в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь», реализуемого Программой развития ООН и Департаментом по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь при финансовой поддержке Глобального экологического фонда.

Введение

Ещё несколько лет назад на выставках, связанных со строительством и энергетикой, представители фирм, занимающихся солнечными панелями и коллекторами, много раз слышали одну и ту же фразу: «В Беларуси солнца нет!» Да и сами солнечные панели и коллекторы казались «космическими» технологиями. За несколько лет ситуация кардинально поменялась как в понимании людей, так и в практическом применении новых технологий. Невооруженным взглядом можно заметить повсеместно установленные солнечные панели и коллекторы:

- ✓ автономные дорожные указатели с подсветкой пешеходных переходов;
- ✓ солнечные фотоэлектрические станции на крышах предприятий для экономии электроэнергии и продажи её в сеть;
- ✓ солнечные панели на крышах АЗС;
- ✓ системы автономного электроснабжения частных домов;
- ✓ системы освещения лестничных площадок;
- ✓ коммерческие солнечные станции;
- ✓ солнечные коллекторы на крышах предприятий и частных домов для нагрева воды и др.

Плодородным полем для внедрения «солнечных» технологий стали объекты инфраструктуры, удалённые от коммуникаций либо имеющие к ним ограниченный доступ. Для примера можно привести разбросанные по всей длине железнодорожных путей здания различных подразделений железной дороги, где для обслуживающего персонала необходима горячая вода (душ для рабочих). Часто в таких случаях единственным способом нагреть воду является использование электроэнергии, что приводит к серьезным ежемесячным затратам: для нужд нагрева воды тэнами электроэнергия продаётся по повышающему тарифу.

Тарифы на электроэнергию, расходуемую на нужды отопления и горячего водоснабжения (ГВС) (согласно декларации об уровне тарифов на электрическую энергию, отпускаемую республиканскими унитарными предприятиями электроэнергетики ГПО «Белэнерго». Зарегистрирована приказом Департамента ценовой политики Министерства экономики Республики Беларусь № 4 от 27.02.2014):

- ✓ период минимальных нагрузок с 23.00 до 6.00 — 8,68 цент/кВт·ч;
- ✓ остальное время суток — 43,40 цент/кВт·ч.

Для сравнения: промышленные и приравненные к ним потребители с присоединенной мощностью до 750 кВА — 13,65 цент/кВт·ч.

Таким образом, внедрение солнечных коллекторов на нужды ГВС позволило в межотопительный период экономить значительные суммы денег, что привело к окупаемости вложений в них за 2–3 года (в зависимости от масштаба системы).

Однако опыт эксплуатации таких систем показал не только их достоинства, но и недостатки. И как альтернатива использованию солнечных коллекторов для нагрева воды появились установки, нагревающие воду при использовании электроэнергии, вырабатываемой солнечными панелями. Часто у европейских производителей такие системы называются Photovoltaic Water Heating System (фотоэлектрическая система нагрева воды) — сокращенно PV-WHS, или просто PV-heater (фотоэлектрический нагреватель, PV-нагреватель). Далее для простоты будет применяться название «pv-система нагрева воды».





Устройство и принцип работы pv-систем нагрева воды

Функционально система состоит из двух частей (рис. 1): солнечных панелей и контроллера с нагревательным элементом (ТЭНом).

Солнечные панели могут быть установлены на плоской или скатной крыше, стенах или земле. В идеале солнечные панели должны быть установлены на открытой площадке без затенений (рис. 2).

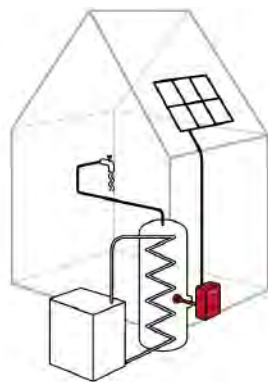


Рис. 1. Функциональное устройство pv-системы нагрева воды

Возможны несколько значений угла установки солнечных панелей.

1. Если необходима максимальная выработка **в межотопительный сезон**, то панели устанавливаются под небольшим углом к горизонту — 20–30°. Такой угол даст максимум выработки энергии в летнее время и минимум выработки в зимнее.
2. Для максимальной выработки **в зимнее время** (часто необходимо в полностью автономных системах) панели устанавливаются под большим углом к горизонту — 60–70°. Такой угол позволяет максимально использовать низкое зимнее солнце, а также дополнительно поглощать рассеянное излучение, отраженное от снега. Кроме того, большой угол не даёт снегу задерживаться на солнечных панелях.

3. Для максимизации **общегодовой** выработки энергии при стационарном нерегулируемом креплении (актуально в системах, установленных для экономии энергии в рамках программ энергосбережения) рекомендуется устанавливать панели под углом 38–40°.



Рис. 2. Установка солнечных панелей для pv-системы нагрева воды

4. Если необходима максимальная выработка **в течение всего года**, то рекомендуется устанавливать панели на каркас с возможностью регулирования угла наклона (рис. 3) хотя бы в трех положениях: зимний угол, весенне-осенний, летний.



Рис. 3. Каркас для солнечных панелей с возможностью регулирования угла наклона

Установленные панели соединяются вместе (возможно несколько вариантов в зависимости от конструкции контроллера) и подключаются к контроллеру, который передает электроэнергию на нагревательный элемент и управляет его включением-выключением в зависимости от температуры воды. Нагревательный элемент — ТЭН — устанавливается в накопительном утепленном баке. Каким образом бак подключен к системе горячего теплоснабжения, это уже зависит от конкретной схемы подключения на объекте. В случае установки рv-системы нагрева воды для экономии основного энергоресурса бак-накопитель устанавливается перед основным нагревателем как предварительный подогрев.

Принцип работы системы предельно прост. Солнечные панели вырабатывают электроэнергию, которая подается через соединительные провода на нагревательный элемент. Контроллер регулирует включение-выключение ТЭНа по датчику температуры в зависимости от установленной температуры. В зависимости от модели температура может устанавливаться вручную или программироваться через подключение к компьютеру.

Технические особенности различных моделей

На данный момент (ноябрь 2014) на рынке нашей страны представлены два производителя pv-систем нагрева воды — **Photon Solar GmbH** (Германия) и **Advanced Energy Industries, Inc** (Германия). Системы обоих производителей имеют одинаковые принципы работы, но обладают некоторыми функциональными отличиями, определяющими особенности применения.



Рис. 4. Внешний вид контроллера с ТЭНом разных производителей:
слева — AE PV Heater, справа — PH-PWS

В табл. 1 представлены основные технические характеристики двух устройств.

Таблица 1 — Технические характеристики
pv-систем нагрева воды различных производителей

Характеристика	Photon Solar GmbH	Advanced Energy Industries, Inc
Название	PH-PWS	AE PV Heater
Мощность нагревателя, кВт	2	1,5
Возможность дополнительного подключения к электросети, кВт	1,6	Отсутствует
Количество входов	1	3
Диапазон входного напряжения, В	100–360	16–50
Максимальный ток на входе, А	10	20 (перегрузка до 30 А)
Количество подключаемых солнечных панелей (тип 60P)	5–8	1–12

Существует два принципиальных отличия:

- 1) наличие возможности подключения нагревателя дополнительно к сети переменного тока — розетке. Такая особенность позволяет получать гарантированно горячую воду необходимой температуры независимо от погодных условий;
- 2) количество входов и входное напряжение. Система PH-PWS имеет один вход и рабочее напряжение 100–360 В. Это значит, что панели в такой системе соединены последовательно одна с другой (напряжение панелей складывается, ток остаётся неизменным).

Достоинства такого решения:

- 1) подключение панелей к нагревателю двумя кабелями сечением 4 мм², что значительно упрощает монтаж;
- 2) низкие потери на кабеле и незначительное для работы системы падение напряжения;
- 3) более эффективная работа при недостаточной освещенности (в пасмурную погоду).

Недостатки:

- 1) необходимость установки панелей одним массивом в одинаковых условиях (угол наклона, ориентация по сторонам света) (рис. 5);
- 2) устанавливаемые панели должны иметь одинаковые электрические параметры;
- 3) необходимость устанавливать сразу все панели (минимальное количество 5, с возможностью последовательного наращивания до 8).

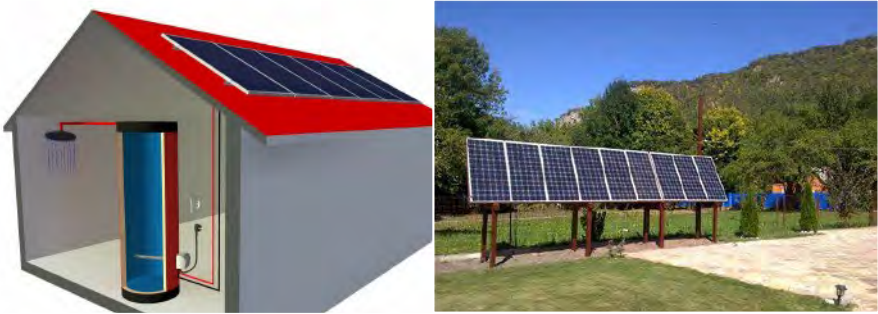


Рис. 5. Пример установки солнечных панелей

В системе АЕ PV Heater предусмотрено разделение устанавливаемых солнечных панелей на 3 группы. Это особенно актуально, если конструктивные особенности здания не позволяют устанавливать все панели вместе. Например, возможна установка 3 панелей на восточный скат крыши, 3 — на западный и 4 панелей на южную стену. Каждая группа будет регулироваться и обрабатываться контроллером отдельно (рис. 6).

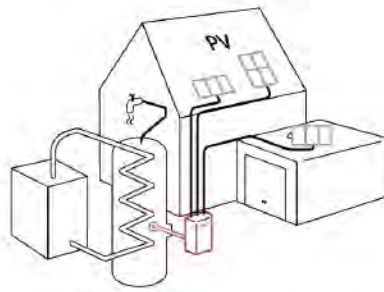


Рис. 6. Раздельная установка солнечных панелей

Достоинства такого решения:

- 1) возможность установки панелей тремя группами в различных местах;
- 2) возможность установки изначально 1 панели с последующим постепенным наращиванием до желаемого количества вплоть до максимального;
- 3) необходимость использования одинаковых панелей только в рамках одной группы: в одной группе можно установить панели одной модели, в другой — панели другой модели.

Недостатки:

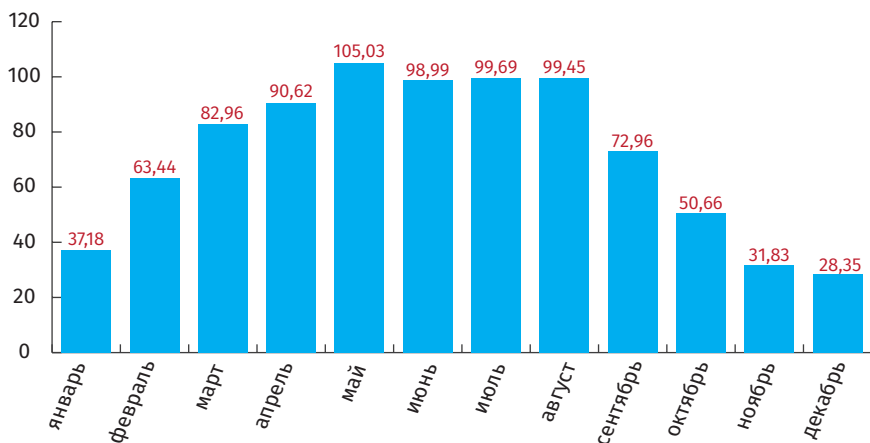
- 1) необходимость прокладки 6 кабелей большого сечения (обычно около 10 мм²), что усложняет и удорожает монтаж;
- 2) увеличение потерь на кабеле: поскольку панели соединяются параллельно, следовательно, складывается сила тока, а напряжение остается неизменным (потери пропорциональны квадрату силы тока);
- 3) невысокая эффективность работы при недостаточной освещенности (в пасмурную погоду).

Таким образом, можно сделать следующий вывод. Если есть достаточная площадь для установки всех панелей и возможность приобрести сразу полный их комплект, то лучше использовать систему PH-PWS или аналогичную. Если площади недостаточно и есть необходимость установить панели в разных местах, а также если нет возможности приобрести сразу все панели и наращивание мощности системы будет идти со временем, то стоит обратить внимание на систему AE PV Heater или аналогичные.

Что даст установка рv-системы нагрева воды?

Предположим, что вместе с нагревателем установлено 6 типовых поликристаллических панелей (60 ячеек) номинальной мощностью 250 Вт. Общая мощность солнечных панелей составит 1,5 кВт, а занимаемая площадь — 10 м². С учетом средних значений солнечного излучения для центральной части Республики Беларусь получим следующие значения по нагреву воды (табл. 2).

Таблица 2 — Средний объем (л) нагретой воды (с 10 до 60 °С)



Из представленных данных видно, что максимальное значение производительности для системы с общей мощностью солнечных панелей 1,5 кВт достигает 100 л горячей воды в сутки. Если необходимо нагреть большее количество воды и ресурсы позволяют установить большее количество панелей, возможна параллельная установка в один накопительный бак двух нагревателей, если для бака предусмотрена возможность подключения двух ТЭНов. Либо возможна установка параллельно ещё одного накопительного бака с установкой в него аналогичной рv-системы нагрева воды.

Солнечный коллектор против рв-систем нагрева воды

В настоящее время наиболее популярным альтернативным способом нагрева воды является использование систем с солнечными коллекторами (рис. 7). Поэтому определим достоинства и недостатки рв-системы нагрева воды относительно аналогичной по производительности системы нагрева воды на основе солнечного коллектора.



Рис. 7. Солнечные вакуумные коллекторы на крыше дома

Достоинства систем с солнечными панелями:

- 1) система работает автономно без подвода электроэнергии (солнечным коллекторам необходимо для насосной станции и контроллера подключение к сети, в случае её отключения в дневное время при ярком солнце происходит быстрый перегрев);
- 2) более простой и быстрый монтаж (почти полное отсутствие сантехнических работ, прокладка кабеля проще и быстрее прокладки труб с утеплителем);

- 3) высокая надежность и работоспособность системы (она не перегревается, если нет разбора воды, отсутствие движущихся механизмов (насоса), протечек);
- 4) отсутствие необходимости в техническом обслуживании, систематребует минимального внимания со стороны обслуживающего персонала (в системах с солнечными коллекторами раз в два года необходима замена теплоносителя солнечного контура, также может понадобиться внеплановое обслуживание системы после перегрева).

Недостатки систем с солнечными панелями:

- 1) КПД указанной системы приблизительно в 4 раза меньше КПД системы нагрева воды с солнечными коллекторами, а следовательно, солнечные панели занимают в 4 раза больше площади крыши;
- 2) для систем с высокой производительностью использование нескольких ТЭНов не всегда бывает удобным или в принципе возможным;
- 3) стоимость приблизительно в полтора раза выше стоимости системы с солнечным коллектором аналогичной производительности (но тут нельзя сказать точно, поскольку стоимость оборудования может существенно варьироваться в обеих системах, стоимость монтажа зависит от конкретного объекта, эксплуатационные расходы зависят от ответственности персонала).

Получается, что если необходимо получить максимально возможное количество тепла на ограниченной территории, то использование солнечных панелей будет значительно менее выгодным, чем применение солнечных коллекторов.

В случае, когда суточный расход горячей воды не превышает 200–300 л, а также есть достаточная площадь для установки необходимого количества солнечных панелей, их использование значительно сократит затраты времени и средств на обслуживание системы нагрева воды.

Если есть основной источник тепла и требуется сократить (например, в рамках программы по энергосбережению) потребление энергии, то рв-система нагрева станет хорошим решением как предварительный подогрев воды. Этому способствует возможность её использования в течение всего года и неприхотливость в обслуживании.

Если рассматривать установку такой системы в частном доме на нужды ГВС, то опять же в пользу использования солнечных панелей говорят такие факторы, как простота обслуживания, автономность работы системы, высокая надежность. Важным фактором является и то, что независимо от того, на какой срок человек покинул дом, ничего с этой системой не случится, а в накопительном баке-аккумуляторе будет горячая вода.

Использование pv-систем в многоквартирных домах пониженного энергопотребления

Вопрос использования описываемых систем в многоквартирных домах условно можно разделить на две части:

- ✓ где устанавливать солнечные панели;
- ✓ где устанавливать бойлер с ТЭНом и как его подключать к системе ГВС.

Начнём с вариантов установки солнечных панелей для нужд многоквартирного жилого дома, в котором планируется установка индивидуальных систем нагрева воды. Необходимо помнить, что солнечные панели при установке ориентируются на юг с возможным отклонением до $\pm 20^\circ$, т. е. подходящим местом для установки солнечных панелей будут южные стены, скатная крыша с южным скатом, плоская крыша с возможностью ориентации в нужном направлении.

Возможны следующие места установки солнечных панелей на здании.

1. На крыше с ориентацией на юг (рис. 8).

Использование систем с высоким входным напряжением позволяет относить контроллер с ТЭНом на расстояние до 100 м без больших потерь на кабеле или значительного удорожания самого кабеля за счет увеличения сечения.



Рис. 8. Установка солнечных панелей на плоской крыше

2. На лоджиях и балконах.

Часто энергоэффективные дома имеют по проекту лоджии большой протяженности, что само по себе является дополнительным фактором энергосбережения (рис. 9).



Рис. 9. Энергоэффективные дома с лоджиями

С одной стороны, большая площадь лоджии позволяет установить необходимое для одной квартиры количество панелей. С другой стороны, площадь лоджии позволяет установить в ней дополнительное технологическое оборудование (бойлер) в дополнение к уже установленному там рекуператору вентиляции (в большинстве современных энергосберегающих домов наличие индивидуальной рекуперативной вентиляции квартиры является обязательным). Аналогично возможна установка солнечных панелей на балконах с южной стороны (рис. 10).



Рис. 10. Установка солнечных панелей на балконах и лоджиях

3. Установка на стене.

Солнечные панели могут быть установлены на стене здания в южном направлении. Это может быть вариант интегрирования в систему вентилируемого фасада, вертикального крепления и крепления под углом к стене (рис. 11).

В случае установки солнечных панелей на стене здания значительно сокращается протяженность соединительных кабелей, если сравнивать с установкой солнечных панелей на крыше. Также панели кроме основной функции выработки электроэнергии начинают нести дополнительные: часть вентилируемого фасада, улучшение внешнего вида здания, защита внешнего покрытия стен от погодных воздействий.



Рис. 11. Установка солнечных панелей на стене зданий

Возможно несколько вариантов интеграции pv-систем нагрева воды в систему ГВС. По сути, система нагрева воды заканчивается ТЭНом, который греет воду. Это позволяет легко использовать её на собственные нужды. При эксплуатации в многоквартирных домах можно выделить два общих направления: индивидуальное использование для нужд отдельной квартиры; использование на нужды общей системы ГВС.

В случае использования pv-системы для нужд ГВС отдельной квартиры можно применить две схемы.

1. Последовательная. Суть схемы — накопительный бойлер (100–150 л для ТЭНа мощностью до 2 кВт) с установленным ТЭНом подключается последовательно перед основным источником нагрева воды — газовым котлом (или колонкой). Схематично это изображено на рис. 12.

На данный момент такое решение по ГВС можно встретить как в старых домах, где газовая колонка нагревает горячую воду, так и в новых, где отдельно установленный газовый котёл обеспечивает отопление и горячее водоснабжение в отдельно взятой квартире.

В случае низкого расхода (например, днем в летнее время) ТЭН нагревает воду в бойлере до заранее установленной температуры, далее, когда начинается активный разбор (например, вечером), горячая вода проходит через котёл без догрева и используется на нужды квартиры. Газовый котел (или колонка) не включится, пока не будет израсходован весь запас нагретой воды.

В случае высокого расхода вода, проходя через бойлер, будет частично подогреваться, что снизит необходимую мощность газового котла для нагрева воды до необходимой температуры.

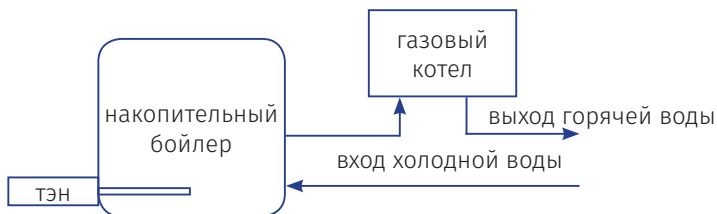


Рис. 12. Схематичное изображение последовательной схемы

Такое решение позволяет газовому котлу вообще не включаться в летнее время при рациональном использовании горячей воды, что экономит газ и увеличивает ресурс газового оборудования. В зимнее время снижается расход газа, используемого на нужды ГВС.

2. Параллельная. В данном случае бойлер с ТЭНОм подключается параллельно подаче горячей воды. В месте подключения устанавливается трехпозиционный клапан, который включает разбор с pv-системы в случае, если в баке достигнута определенная заданная температура. Есть горячая вода в бойлере — подача воды идет с него. Как только температура на датчике падает ниже запрограммированной — подача горячей воды переключается на сеть ГВС. Схематично решение показано на рис. 13.

Данное решение позволяет летом значительно сократить расход горячей воды. Кроме того, применение такой схемы значительно повысит комфорт жизни во время плановых отключений горячей воды и при авариях на трубопроводе. В зимнее время также будет небольшое сокращение потребления, особенно во время сильных заморозков, когда светит яркое солнце.

Однако такое подключение менее выгодно, поскольку требует дополнительной запорной арматуры и контроллера, что понижает её надежность.

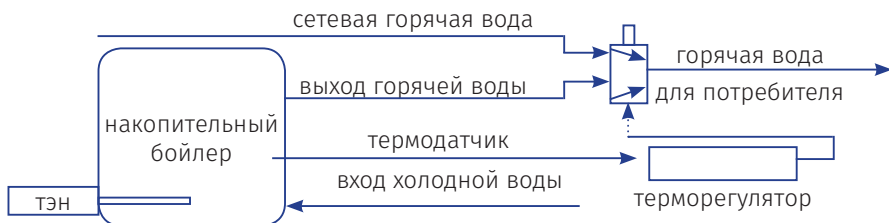


Рис. 13. Схематичное изображение параллельной схемы

Использование pv-системы в общей схеме ГВС возможно при установке в жилом многоквартирном доме своей мини-котельной. В зависимости от типа энергоносителя, используемого для нагрева воды, возможна реализация как первой схемы в качестве предварительного подогрева, так и варианта, когда ТЭН (или блок ТЭНов) интегрируется в накопительную ёмкость вместе с основным источником нагрева (например, теплообменником контура теплового насоса).

В данной брошюре рассматривались технические данные устройств, предназначенных для подключения блока солнечных модулей небольшой мощности — до 2–2,5 кВт. Технология новая и только недавно вышла в массовое использование. Технически нет сложности делать блоки с мощностью ТЭНа 10–15 кВт и подключением 2–3 блоков солнечных панелей по 5 кВт каждый. Последовательное соединение солнечных панелей за счет высокого напряжения позволяет подключать их к контроллеру, используя кабель небольшого сечения (4 мм²), при этом получая низкие потери напряжения на проводнике. Это позволяет располагать панели на удалении до 50 м от контроллера, что также дает некоторую свободу в выборе места расположения солнечных панелей.

В случае использования теплового насоса как основного источника тепла экономически более выгодно использовать солнечные панели в сетевой схеме: через сетевой инвертор получаем переменный ток, который идет на питание теплового насоса. Таким образом, снижается расход электроэнергии от сети, а на каждый 1 кВт·ч выработанной солнечными панелями энергии получаем 4–5 кВт·ч тепловой энергии. С другой стороны, использование pv-системы нагрева воды снизит нагрузку на тепловой насос, а следовательно, уменьшится его износ. Дополнительно это повысит надежность снабжения дома горячей водой: в случае отключения электроэнергии или поломки теплового насоса будет функционировать второй автономный источник тепловой энергии для нагрева воды. Также возможна проработка решения, где блоки солнечных панелей могут автоматически переключаться между генерированием электроэнергии через сетевой инвертор и нагревом воды через ТЭН при отключении электроэнергии.

Общие выводы

В заключение стоит сказать, что использование солнечных панелей в рv-системах нагрева воды на данном этапе развития технологий имеет много специфических моментов. Не стоит пытаться использовать описанные выше решения везде, где есть необходимость получать горячую воду — технология и технологические решения на её основе имеют свои достоинства и недостатки, и их применение должно быть оправдано. В определенных ситуациях использование рv-систем экономически выгодно по отношению к другим вариантам нагрева воды. Например, при ограниченной площади и необходимости получить максимальное количество тепловой энергии использование солнечных панелей будет неоправданным решением (высокая стоимость и малая выработка тепла). Но в случаях, когда площадь достаточная, а важно, например, сделать надёжную систему с минимальным обслуживанием, то рv-системы нагрева воды станут отличным выбором.

Проект Программы развития ООН и Глобального экологического фонда «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» ставит своей целью снижение потребления энергии при строительстве и эксплуатации жилых зданий и соответствующее сокращение выбросов парниковых газов.

Основное внимание в проекте уделяется разработке и обеспечению эффективного внедрения новых методов проектирования жилых зданий и строительных норм, проектированию и строительству трех демонстрационных многоэтажных жилых зданий массовых серий, решению вопросов, связанных с сертификацией зданий по уровню энергоэффективности.

Национальным исполняющим агентством является Департамент по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь. Основными партнерами проекта выступают Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, ОАО МАПИД, УП «Институт Гроднограждан-проект», Могилевский облисполком.

Сайт проекта: www.effbuild.by

Применение солнечных фотоэлектрических панелей для нагрева воды на нужды горячего водоснабжения

Справочное пособие

Ответственный за выпуск
А. В. Чистодарский

Проект Программы развития ООН и Глобального экологического фонда «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» ставит своей целью снижение потребления энергии при строительстве и эксплуатации жилых зданий и соответствующее сокращение выбросов парниковых газов.

Основное внимание в проекте уделяется разработке и обеспечению эффективного внедрения новых методов проектирования жилых зданий и строительных норм, проектированию и строительству трех демонстрационных многоэтажных жилых зданий массовых серий, решению вопросов, связанных с сертификацией зданий по уровню энергоэффективности.

Национальным исполняющим агентством является Департамент по энергоэффективности Госстандарта Республики Беларусь. Основными партнерами проекта выступают Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, ОАО МАПИД, УП «Институт Гродногражданпроект», Могилевский облисполком.

Сайт проекта: www.effbuild.by

