



Россия в целом является экспортёром энергии, но большая часть российских регионов производит меньше энергоресурсов, чем им необходимо. 70% территории России находится в зоне децентрализованного энергоснабжения. Примерно 10 млн жителей России не имеют доступа к электрическим сетям и обслуживаются автономными системами

Солнечные кровельные панели для программы «Миллион солнечных крыш в России»

Введение

Солнечная энергетика приближается к состоянию grid parity (паритета цен с электрическими сетями), в котором она может составить ценовую конкуренцию традиционной энергетике. В 2016 году мировое производство солнечных модулей составило 67 ГВт. В Европейском союзе выиграны тендеры на строительство солнечных электростанций (СЭС) с ценой на электроэнергию 5,38 евроцентов за 1 кВт·ч, Китай планирует к 2020 году построить 110 ГВт солнечных электростанций. К 2030 году общая мощность солнечных электростанций в мире составит 2–3 ТВт.

Хотя Россия в целом является экспортёром энергии, большая часть российских регионов производит меньше энергоресурсов, чем им необходимо. При этом 70% территории России находится в зоне децентрализованного энергоснабжения. Примерно 10 млн жителей России, которые не имеют доступа к электрическим сетям, в настоящее время обслуживаются автономными системами, работающими на дизельном топливе или бензине. Себестоимость 1 кВт·ч электри-

ческой энергии даже на самых современных дизельных электростанциях в изолированных зонах сегодня в пять–десять раз выше, чем средняя отпускная цена электричества для населения (2–4 руб.). Бюджеты всех уровней вынуждены субсидировать дизельную генерацию.

При существующих больших расстояниях между регионами затраты на транспортировку значительно увеличивают общую цену топлива.

В результате такие богатые возобновляемыми ресурсами территории, как Камчатка, Республика Тува и Республика Алтай, тратят более половины своего бюджета на топливо. Энергетическое благосостояние России не только в богатстве ископаемых ресурсов, но и в обширной территории с разнообразием ландшафтов, геологии и климата, открывающими широкие возможности для использования ресурсов возобновляемой энергетики всех известных видов. Практически во всех регионах России имеется возможность экономически целесообразного использования нескольких типов возобновляемых источников энергии [1, 2].

УДК 621.383

Солнечные кровельные панели для программы «Миллион солнечных крыш в России»

Д. С. Стребков, академик РАН, член редколлегии журнала С.О.К.; **А. И. Кирсанов**, инженер, компания «Иноватикс-СК»; **В. А. Панченко**, к.т.н.; **Н. С. Филиппенкова**, аспирант, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Разработана гибридная кровельная панель для производства электрической энергии и горячего водоснабжения зданий. Приведены результаты испытаний гибридной кровельной солнечной панели. Годовое производство электрической энергии в условиях города Анапы составит 1682 кВт·ч/кВт, для средней полосы России (Москва) — 1100 кВт·ч/кВт. Предложена программа «Один миллион солнечных крыш в России», в которой, в отличие от зарубежных программ, не предусматриваются субсидии от государства для владельцев солнечных домов. Минэнерго РФ необходимо разработать с использованием опыта законодательства европейских стран, США и Японии процедуру разрешения для владельцев солнечных домов поставлять электрическую энергию в сеть по цене, по которой владелец солнечного дома покупает электрическую энергию от сетевой компании. Реализация программы позволит снизить энергоёмкость ВВП России на 1,5%, приведёт к увеличению ВВП России на 0,3%, снижению выбросов парниковых газов на 2,84 млн тонн в год и созданию 100 тыс. новых рабочих мест.

Ключевые слова: солнечный дом, солнечная панель, солнечная крыша, программа.

UDC 621.383

Solar roof panels for the program “One million solar roofs in Russia”

D. S. Strebkov, Academician of RAS, Member of the editorial board of the Journal S.O.K.; **A. I. Kirsanov**, engineer, “Innovatiks-SK”, Ltd.; **V. A. Panchenko**, PhD; **N. S. Filipchenkova**, post graduate, Federal State-Founded Budget Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (FSFBSI FNAC VIM)

Hybrid roof panel for electricity and hot water supply of buildings is developed. Test results of a hybrid solar roofing panel are considered. Annual production of electric energy in the conditions of Anapa will amount to 1682 kW·h/kW and for Central Russia (Moscow) — 1100 kW·h/kW. The proposed program “One million solar roofs in Russia”, in which, in contrast to the foreign programmes, does not provide state subsidies for owners of solar homes. The Ministry of energy must develop using the experience of legislation of European countries, USA and Japan resolution procedure for owners of solar homes to supply electric power to the grid at the price at which the owner buys solar home electrical energy from the grid company. The program implementation will allow to reduce the energy intensity of Russia's GDP by 1.5 per cent, would increase Russia's GDP by 0.3 per cent, reduce greenhouse gas emissions by 2.84 million tons per year and create 100 thousand new jobs.

Keywords: solar house, solar panel, solar roof, program.

Солнечные панели

В 2013–2015 годах в ФГБНУ ВИЭСХ разработана запатентованная в России и не имеющая аналогов в мире гибридная кровельная солнечная панель (ГКСП), выполняющая функции крыши дома и преобразователя солнечной энергии в электро- и тепловую энергию для систем ГВС и отопления дома (рис. 1). В рамках частно-государственного партнёрства проведены испытания ГКСП и организовано опытно-промышленное производство.

В отличие от зарубежных образцов, в солнечной черепице используют встроенные стационарные солнечные концентраторы, что позволило снизить площадь кремниевых солнечных элементов в четыре раза и получать от солнечной крыши электрическую энергию и горячую воду. Солнечная черепица имеет защитное антивандальное покрытие из закалённого стекла и кабель для соединения с соседней солнечной панелью (рис. 2).

Рабочее напряжение 1–1,2 В, пиковая электрическая мощность 5–7 Вт в зависимости от КПД солнечных элементов. На 1 м² крыши размещается 14 кровельных солнечных панелей пиковой электрической мощностью 70–100 Вт. Кровельная солнечная панель пиковой мощностью 3,5 кВт занимает 30–40 % площади крыши. Цена одной кровельной солнечной панели составляет \$12 — по сравнению с ценой китайской солнечной черепицы в Китае \$14, а в России с учётом транспортировки и таможенных пошлин \$20–24.

На рис. 3 представлена зависимость выработки электроэнергии от угла наклона солнечной крыши для города Анапы, из которой следует, что при оптимальном угле наклона 30–40° годовая выработка

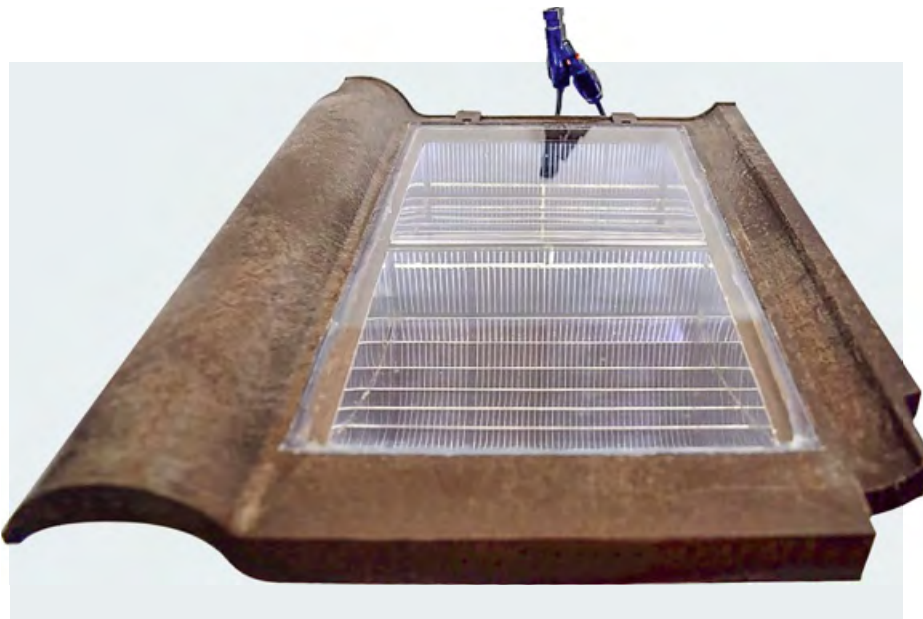


Рис. 1. Гибридная кровельная солнечная панель (ГКСП), разработанная в ФГБНУ ВИЭСХ



Рис. 2. Солнечная черепица имеет защитное антивандальное покрытие из закалённого стекла

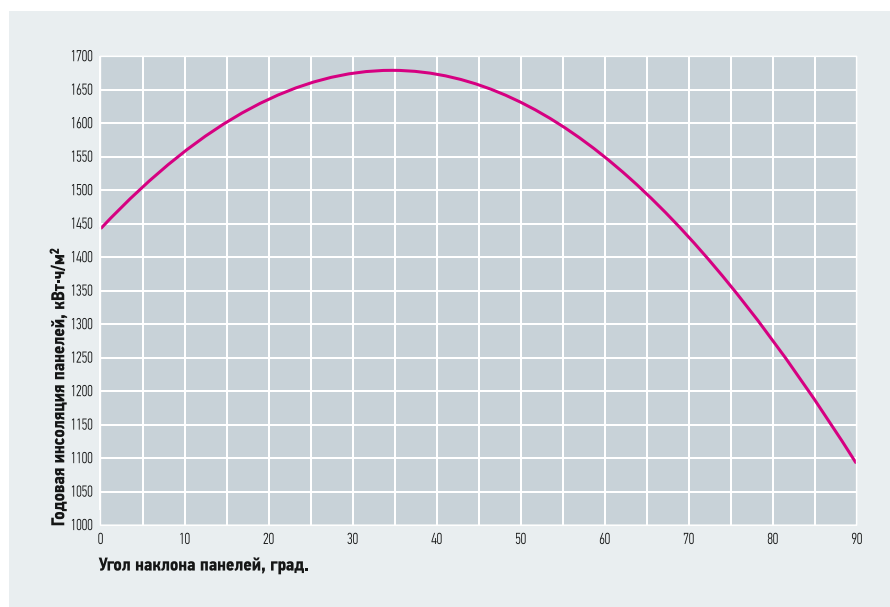


Рис. 3. Зависимость выработки электроэнергии от угла наклона солнечной крыши для Анапы

электроэнергии составит 1682 кВт·ч на 1 кВт пиковой мощности солнечной крыши. Для широты города Москвы годовое производство электроэнергии составит 1100 кВт·ч/кВт.

Маркетинговый анализ компании «Иноватикс-СК» показал, что уже сейчас существует взрывной и долговременный спрос на солнечную микрогенерацию в 56 регионах страны на сотни мегаватт установленной мощности. Представители профильных иностранных компаний предлагают открыть производства на основе наших технологий на территории их государств, чему мы пока упорно сопротивляемся и намерены на зарубежные рынки выйти со своей продукцией.

В рамках международного форума ENES '2016 был проведён федеральный конкурс проектов в области энергосбережения и энергоэффективности.

Компания «Инноватикс-СК» представила на данный конкурс проект «Солнечные кровли России». По результатам конкурса министр энергетики РФ А.В. Новак вручил компании «Инноватикс-СК» диплом победителя. Данный факт ещё раз подчёркивает высокую значимость и важность для министерства энергетики проектов в сфере возобновляемых источников энергии.

Проведённые маркетинговые исследования показали, что сотни тысяч владельцев домов от Калининграда до Сахалина готовы без всяких субсидий с государства приобрести и установить на своих домах «солнечные крыши» на основе ГКСП.

Запатентованные российские разработки в области солнечной энергетики — солнечные кровельные модули позволяют приступить к реализации проекта «Миллион солнечных крыш в России».

Программа «Миллион солнечных крыш в России» при пиковой электрической мощности одной солнечной крыши 3,5 кВт даёт годовую экономию пиковой электроэнергии 5,887 млрд кВт·ч в южных регионах России или 3,5 млрд кВт·ч в средней полосе России. За счёт когенерации экономия затрат электроэнергии на горячее водоснабжение составит 17,774 млрд кВт·ч в год в южных районах России и 11,55 млрд кВт·ч в год в средней полосе России.

Суммарная установленная пиковая мощность солнечных крыш по данной программе составит 3,5 ГВт или около 2,8% от установленной мощности электростанций в энергосистеме России. Ранее считалось, что энергосистема остаётся устойчивой и выполняет функции аккумуляции энергии СЭС, если установленная мощность СЭС не превышает



Программа «Миллион солнечных крыш» для России

Программа «Миллион солнечных крыш» реализуется в странах Европы, в США и Японии. Программа включает субсидии государства на установку солнечных модулей на крышах зданий общей электрической мощностью до 3,5 кВт на одну семью и присоединение к электрической сети через инвертор и электрический счётчик. Преимущества программы заключаются в следующем:

1. Объединение функции солнечного модуля и крыши здания снижает их общую стоимость.
2. Солнечные модули не занимают площадь на земле и не требуют никакой платы за пользование землёй.
3. Владельцы солнечной крыши продают дорогую электроэнергию в часы дневного пикового энергопотребления в сеть, а покупают из сети дешёвую внепиковую электроэнергию.

15% мощности электростанций в энергосистеме. В связи с развитием «умных сетей» (Smart Grid) доля распределённой солнечной генерации может быть увеличена. Например, в Германии в июле 2015 года доля электроэнергии, вырабатываемая электростанциями, использующими возобновляемые источники энергии, составляла 78%.

Программа «Миллион солнечных крыш» реализуется в странах Европы, в США и Японии. Программа включает субсидии государства на установку солнечных модулей на крышах зданий общей электрической мощностью до 3,5 кВт на одну семью и присоединение к электрической сети через инвертор и электрический счётчик

Вклад Правительства РФ в развитие микрогенерации на основе ВИЭ

Поручение Президента РФ В.В. Путина Правительству России в области создания и использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), развития микрогенерации на основе возобновляемой энергии создаёт важные предпосылки в стране для технологического прорыва в данной сфере деятельности.

Решение этих вопросов обозначено в поручении заместителя председателя Правительства РФ Аркадия Дворковича (поручение №АД-П9-776 от 11 февраля 2017 года): «В соответствии с поручением необходимо выработать организационные, технические, процедурные и финансовые аспекты использования микрогенерации возобновляемой энергии в нашей стране».

Минэнерго России (А.В. Новаку), Минэкономразвития России (М.С. Орешкину) и ФАС России (И.Ю. Артемьеву) при участии заинтересованных организаций до 1 апреля 2017 года было предписано представить для утверждения в Правительство РФ проект плана мероприятий по стимулированию развития микрогенерации ВИЭ, установленной у потребителей (включая физических лиц). При подготовке плана исходить из следующего:

- под микрогенерацией ВИЭ понимать генерирующие объекты с установленной мощностью до 15 кВт;
- исключить из рассмотрения многоквартирные дома;
- установка двухсторонних приборов учёта электроэнергии, обеспечивающих раздельный почасовой учёт, и автоматизации осуществляется за счёт заявителя;
- при отсутствии необходимости изменения существующего технологического присоединения к электросети применяется уведомительный порядок ввода оборудования в эксплуатацию с необходимостью регистрации в установленном порядке реверсивного прибора учёта [для иных случаев выдачи (поставки) излишков электроэнергии, производимой для собственных нужд своего домохозяйства, устанавливается упрощённый порядок технологического присоединения к электросетям и ввода объекта в эксплуатацию];
- устанавливается обязательность покупки поставщиком энергии, вырабатываемой микрогенерацией ВИЭ;
- цена купли-продажи равна средневзвешенной нерегулируемой цене на электроэнергию на оптовом рынке;
- доход физического лица, полученный в результате реализации излишков электрической энергии, производимой для собственных нужд своего домохозяйства, не подлежит налогообложению.

Технико-экономические показатели

Рассмотрим технико-экономические показатели программы «Миллион солнечных крыш в России». Максимальная суммарная электрическая мощность солнечной крыши составляет 15 кВт на одно физическое лицо с характеристиками:

- электрический КПД — 15 %;
- тепловой КПД по ГВС — 35 %;
- полный КПД использования солнечной энергии — 50 %;
- пиковая электрическая мощность — 15 кВт;
- пиковая тепловая мощность — 35 кВт;
- суммарная площадь — 150–200 м².

Годовое производство электрической энергии составит: в Центральном регионе (город Москва) — 16,5 МВт·ч; в Северо-Западном регионе (город Петрозаводск) — 15,51 МВт·ч; в Черноморском регионе (город Анапа) — 25,23 МВт·ч; в северной Сибири (город Ханты-Мансийск) — 18 МВт·ч; на Дальнем Востоке (город Владивосток) — 25 215 кВт·ч, что практически совпадает с производством электроэнергии в Черноморском регионе. Годовое производство электрической энергии на Сахалине (город Южно-Сахалинск) составит 24 430 кВт·ч, на Камчатке (город Петропавловск-Камчатский) — 21 225 кВт·ч, что выше, чем в Центральном регионе европейской части России и в центральной Сибири.

Годовое производство тепловой энергии в виде горячей воды составит: в Центральном регионе (Москва) — 38,5 МВт·ч; в Черноморском регионе (Анапа) — 58 870 кВт·ч; в центральной Сибири (Ханты-Мансийск) — 42 МВт·ч.

Предположим, что треть вырабатываемой электрической мощности (5 кВт) энергии владелец солнечной крыши использует для собственных нужд, а две трети (10 кВт) передаёт сетевой компании по оптовой цене по 1 руб. за 1 кВт·ч. Стоимость передаваемой электроэнергии за год составит: в Центральном регионе (Москва) — 11 тыс. руб/год; в Черноморском регионе (Анапа) — 16 820 руб/год; в центральной Сибири (Ханты-Мансийск) — 12 тыс. руб/год. Годовая стоимость электроэнергии, сэкономленной за счёт собственной генерации при цене сетевой компании 4 руб/кВт·ч, составит: в Центральном регионе (Москва) — 22 тыс. руб/год; в Черноморском регионе (Анапа) — 33 640 руб/год; в центральной Сибири (Ханты-Мансийск) — 24 тыс. руб/год.

Капитальные затраты на создание солнечной крыши пиковой мощностью 15 кВт при цене 108 тыс. руб/кВт составят 1,62 млн руб. Суммарная годовая экономия затрат за счёт проданной электро-

Максимальная суммарная электрическая мощность солнечной крыши составляет 15 кВт на одно физическое лицо с характеристиками: электрический КПД — 15 %; тепловой КПД по ГВС — 35 %; полный КПД использования энергии солнца — 50 %; пиковые: электрическая мощность — 15 кВт, тепловая мощность — 35 кВт; суммарная площадь — 150–200 м²

энергии сетевой компании и снижения покупаемой электроэнергии составит: в Центральном регионе (Москва) — 33 тыс. руб/год; в Черноморском регионе (Анапа) — 50 460 руб/год; в центральной Сибири (Ханты-Мансийск) — 36 тыс. руб/год.



Солнечные крыши устанавливаются в односемейных, малоэтажных домах, где, как правило, отсутствует централизованное горячее водоснабжение. Предполагается, что в программе «Миллион солнечных крыш» горячее водоснабжение осуществляется с помощью электрических водонагревателей. В этом случае годовая экономия затрат от использования солнечных кровельных панелей для горячего водоснабжения составит: в Центральном регионе (Москва) — 154 тыс. руб/год; в Черноморском регионе (Анапа) — 235 480 руб/год; в центральной Сибири (Ханты-Мансийск) — 168 тыс. руб/год.

Суммарная годовая экономия затрат за счёт собственной генерации электрической и тепловой энергии составит: в Центральном регионе (Москва) — 187 тыс. руб/год;

в Черноморском регионе (город Анапа) — 285 940 руб/год; в центральной Сибири (Ханты-Мансийск) — 204 тыс. руб/год.

Срок окупаемости затрат составит: в Центральном регионе (Москва) — 8,66 года; в Черноморском регионе (Анапа) — 5,66 года; в центральной Сибири (Ханты-Мансийск) — 7,94 года.

Выводы

Принятая в расчётах стоимость сетевой электроэнергии 4 руб/кВт·ч справедлива для европейской части Российской Федерации, а во многих сибирских районах тарифы на уровне 4 руб/кВт·ч для населения утверждаются с учётом дотаций на региональном уровне.

Минимальная отпускная цена на электроэнергию от солнечной электростанции в Европе в 2016 году составила с учётом прибыли 5,86 евроцентов за 1 кВт·ч

(3,63 руб/кВт·ч), что в 3,63 раза выше оптовой цены продаж для владельцев солнечных крыш в России, предлагаемых Министерством энергетики РФ.

Таким образом, если владельцы солнечных крыш смогут продавать электроэнергию по той цене, по которой они покупают её в сетевых компаниях, срок окупаемости составит менее пяти лет, и в условиях рыночной экономики солнечное электричество будет абсолютно конкурентоспособным с электроэнергией от электростанций, использующих ископаемое топливо. ●

1. Чистая энергия [текст]. 2013. №1–2. — М.: Портал «Экозащита». Режим доступа: www.ecodefense.ru.
 2. Стребков Д.С. Физические основы солнечной энергетики. — М.: Изд. ВИАЭСХ, 2017. 168 с.
- References — see p. 95.

Solar roof panels for the program “Million solar roofs in Russia”. Pp. 64–67.

D. S. Strebkov, Academician of RAS, Member of the editorial board of the Journal S.O.K.; **A. I. Kirsanov**, engineer, “Innovatiks-SK”, Ltd.; **V. A. Panchenko**, PhD; **N. S. Filipchenkova**, post graduate, Federal State-Funded Budget Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM” (FSFBSI FNAC VIM)

-
1. Chistaja jenergija [Clean energy]. 2013. No. 1–2. Moscow. Web property “Jekozashhita” [Ecodefense]. Web-source: www.ecodefense.ru.
 2. Strebkov D.S. Fizicheskie osnovy solnechnoj jenergetiki [Physical basis of solar energy]. Moscow. Paper of Russian Scientific Research Institute of Agriculture Electrification (RSRIAE). 2017. 168 p.