

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Сборник докладов

VII студенческой научно-практической конференции

(Санкт-Петербург, 5 декабря 2019 г.)



Санкт-Петербург

2020

УДК 620.9
ББК 38.93
А 585

Альтернативные источники энергии : сборник докладов VII студенческой научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 5 декабря 2019 г.) / под ред. Е.А. Васильевой. – ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020. – 56 с.

Настоящий сборник содержит тезисы докладов студентов высших учебных заведений России – участников VII студенческой научно-практической конференции «Альтернативные источники энергии», прошедшей в ВШТЭ СПбГУПТД 5 декабря 2019 г.

В докладах содержится информация, полученная студентами в ходе научных изысканий, лабораторных исследований и анализа литературных источников, в том числе опыта отечественных и зарубежных заводов и предприятий, размещаемого ими в рамках открытой экологической и технологической информационной политики на электронных ресурсах.

Доклады публикуются в авторской редакции.

© Высшая школа технологии и энергетики
СПбГУПТД, 2020

Корректор Н.П. Новикова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2020, поз. 2

Подписано к печати 24.01.20 г. Формат 60x84/16. Бумага тип № 1.

Печать офсетная. 3,5 печ.л.; 3,5 уч.-изд. л. Тираж 50 экз.

Изд. № 2. Цена «С». Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

О КОНФЕРЕНЦИИ

Тенденции энергосбережения в мире набирают обороты. Обеспечение всеобщего доступа к надежным, устойчивым и, одновременно с этим, недорогим источникам энергии – одна из глобальных целей в области устойчивого развития общества в XXI веке.

Россия, несмотря на сырьевое изобилие, также не может оставаться в стороне от мировых энергетических течений. О необходимости повышения энергетической эффективности процессов говорят руководители нашей страны, ученые и производственники. Потребители тоже всё острее ощущают необходимость применения новых энергетических решений.

Доступность электроэнергии была и остается одной из проблем в мире и в России. Сегодня решение этой проблемы рассматривается, однако, уже не только в экономическом, но и в экологическом разрезе. В современных условиях удовлетворение растущего спроса на электроэнергию требует комплексных решений, в том числе увеличения доли возобновляемых (альтернативных) источников энергии в энергетическом балансе с учетом региональных эколого-экономических особенностей.

В рамках реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации на 2018-2025 гг. проводится масштабное реформирование законодательства. Некоторые нормативные решения уже дают первые результаты в деле формирования новой, экологически чистой и ресурсосберегающей, энергетики.

С учетом вышеизложенного, не удивительно, что вопросы энергосбережения, использования альтернативных источников энергии и вторичных энергоресурсов занимают существенное место в программах обучения студентов высших учебных заведений России и мира.

5 декабря 2019 г. в ВШТЭ прошла VII студенческая научно-практическая конференция «Альтернативные источники энергии». С докладами выступали студенты крупных вузов России. В качестве экспертов

в работе конференции впервые принимали участие ведущие специалисты крупных предприятий – производителей энергетического оборудования на альтернативных источниках энергии.

Ежегодная конференция является платформой для обмена опытом, определения перспектив и развития навыков самостоятельной научно-исследовательской работы студентов в области возобновляемой энергетики.

Е.А. Васильева

УДК 631.3:621.472

**Д.А. Полетаев,
Б.В. Соколенко**
КФУ им. В.И.Вернадского

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Экологически чистое земледелие предусматривает использование только натуральных удобрений [1]. Однако полевые работы, даже при использовании органических удобрений, производятся с использованием техники, применяющей двигателя внутреннего сгорания с весьма большим количеством выбросов. Кроме того, потребность в постоянных поставках топлива и смазки, регулярном обслуживании узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин накладывает ряд дополнительных требований к производству в целом. Электрические двигатели конкурируют с двигателями внутреннего сгорания в плане экологической чистоты, экономичности, простоты обслуживания и эксплуатации. Но для них актуальна задача обеспечения электрической энергией в достаточном объеме при малых габаритах и весе.

Целью работы является предложение концепции системы электрического привода самоходных машин, применяемых в сельском хозяйстве, использующих альтернативные источники энергии.

Требования к машинам следующие: высокая надежность, экономичность, эффективность, компактность, универсальность.

Требование высокой надежности предусматривает возможность длительной безотказной работы с минимальным текущим техническим обслуживанием. Самоходный механизм должен работать постоянно, без остановки. Экономичность системы позволяет снизить стоимость единицы агропродукции с повышением конкурентоспособности производителя. Это требует применения альтернативных источников энергии. Эффективность

означает возможность производства гораздо большего объема продукции за единицу времени, чем конкуренты. Требование компактности позволяет транспортировать самоходный агрегат по дорогам общего пользования и минимизировать нагрузку на почву. Универсальность позволяет применять системы на любых сельскохозяйственных объектах.

В концепции системы электрического привода сельхозагрегатов предлагается использовать вентильные двигатели как наиболее перспективный тип электрических машин, обладающий высоким крутящим моментом, КПД и долговечностью [2]. Можно вычислить, что для обеспечения непрерывной работы комбайна мощностью 300 л. с. в течение смены с вентильным электрическим двигателем требуется литий-ионный аккумулятор весом более 8 т. Масса свинцовых аккумуляторов аналогичной емкости окажется в два раза больше – 16 т. В концепции системы электрического привода предлагается применять перспективный тип первичных источников энергии – ионистор [3]. Данный элемент способен очень быстро заряжаться и разряжаться до нуля без необратимых изменений в своей структуре. Ввиду этого предлагается использовать возможность оперативного заряда данного элемента от альтернативных источников энергии и его огромный ресурс. На рис. 1 приведена структурная схема предлагаемой системы.

Самоходная машина содержит электрический двигатель, приводящий во вращение колеса, навесное оборудование и комплект ионисторных модулей, емкость которых достаточна для обеспечения энергией при движении самоходной машины от системы заряда к противоположному концу обрабатываемого пространства и обратно. Поэтому сельхозмеханизму не требуется много энергии. Ионисторный блок, заряжаясь у системы заряда, снабжает энергией самоходную машину, движущуюся к противоположному концу обрабатываемого пространства и обратно [4].

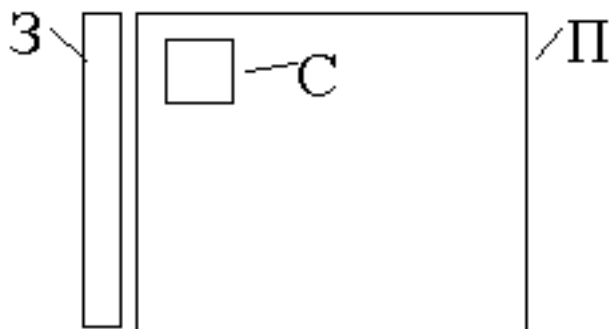


Рис. 1. Структурная схема системы электрического привода сельскохозяйственных машин:

П – обрабатываемое пространство; С – самоходная машина (комбайн, жатка, трактор, транспортный механизм) с электрическим приводом и набором ионисторов;

З – система заряда

Наиболее перспективными и универсальными источниками энергии являются альтернативные источники энергии. В общей структуре концепции они находятся в блоке системы заряда, поставляя электрическую энергию, которая заряжает ионисторные блоки самоходных агрегатов. В качестве альтернативных источников могут применяться фотоэлектрические преобразователи, ветрогенераторы. Оценочный расчет показывает, что для заряда блока ионисторов комбайна с электрическим приводом мощностью 300 л. с. требуются фотоэлектрические преобразователи общей площадью около гектара! Кроме того, данный комплекс может быть разборным и свободно транспортироваться на другое обрабатываемое пространство.

На описываемую в концепции систему электрического привода подана заявка на патент Российской Федерации.

Библиографический список

1. Погожев А. Экологичность органического сельского хозяйства / А. Погожев // Агронабфорум. – 2015. – № 2. – С. 24-25.
2. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе. – СПб.: Корона-век, 2007. – 336 с.

3. Vivekchand S. Graphene-based electrochemical supercapacitors / S. Vivekchand, C. Rout, K. Subrahmanyam, A. Govindaraj, C. Rao // J. Chem. Sci. – 2008. – Vol. 120, №. 1. – Pp. 9-13.

4. Полетаев Д.А. Система электрического привода сельскохозяйственных машин / Д.А. Полетаев, Б.В. Соколенко // Материалы III международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса». – Ставрополь, 19 сентября 2014 г. – С. 177-179.

УДК 621.472

М.С. Акманова,
И.С. Чуркин
СПГУ

МОДУЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

На данный момент развития энергетики в стране и мире существуют труднодоступные или малозаселенные регионы, удаленные от энергетических коммуникаций, куда централизованный подвод линий электропередач затруднен или экономически нецелесообразен. Часто это относится к местам, где ведется работа вахтовым методом по добыче полезных ископаемых или сервисному обслуживанию газо- и нефтепроводов. Энергоснабжение в таких ситуациях обычно осуществляется с помощью электрических генераторов, работающих на органическом топливе. Несмотря на кажущуюся дешевизну стоимости таких генераторов стоимость топлива и его доставки до места производства работ существенно повышают удельную стоимость выработанной энергии, в этом случае имеет смысл рассмотреть вариант использования энергоустановки, работающей на альтернативных источниках энергии [1].

Наиболее развивающимся видом альтернативных источников энергии является солнечная энергетика, также она отвечает требованиям безопасности и экологичности. Кроме того, солнечные панели постоянно дешевеют.

На рис. 1 показана диаграмма изменения стоимости солнечных панелей (\$/Вт) за период с 1977 по 2014 г. За это время стоимость выработки электрической энергии солнечными панелями снизилась в 210 раз [2].

При решении использования гелиоустановки необходимо отметить зависимость солнечной энергии от климатических условий и нестабильность выработки электроэнергии. Солнечную энергию рекомендуется использовать в регионах с континентальным климатом, где продолжительность солнечного

сияния составляет более 1700 ч/год (рис. 2) [3]. Компенсировать перепады выработки электрической энергии позволяет система аккумуляторов (АКБ).

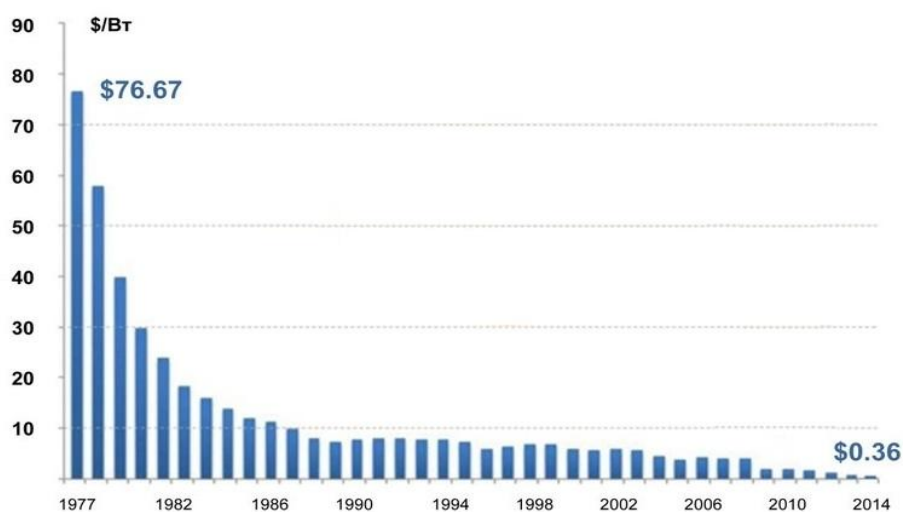


Рис. 1. Изменение стоимости солнечных панелей (\$/Вт) установленной мощности



Рис. 2. Солнечные энергоресурсы России

С учетом вышеперечисленного, оптимальным решением будет использование компактного модульного источника энергоснабжения, схема которого представлена на рис. 3. Модульный источник представляет собой грузовую платформу-прицеп, на которой стоит своего рода этажерка с выдвигающимися полками, позволяющими увеличивать площадь массива до 3 раз [4].

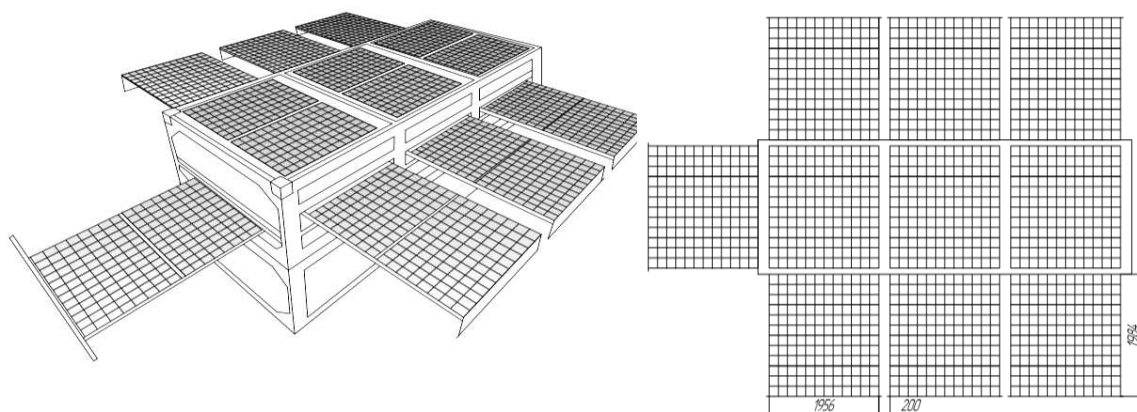


Рис. 3. Модульный источник энергоснабжения

Такая конструкция обладает рядом преимуществ:

- удобство при транспортировке;
- после перевозки сборка и монтаж такой установки занимает не больше получаса;
- при плохих погодных условиях, например, сильный град, песчаная буря и т.д., повторная сборка установки не займет много времени;
- кроме солнечных панелей, конструкция предусматривает место для установки аккумуляторов, инвертора и контроллеров.

При необходимости выработки горячей воды солнечные панели можно заменить на солнечные или гибридные коллекторы.

Солнечная электростанция работает по следующей схеме (рис. 4).

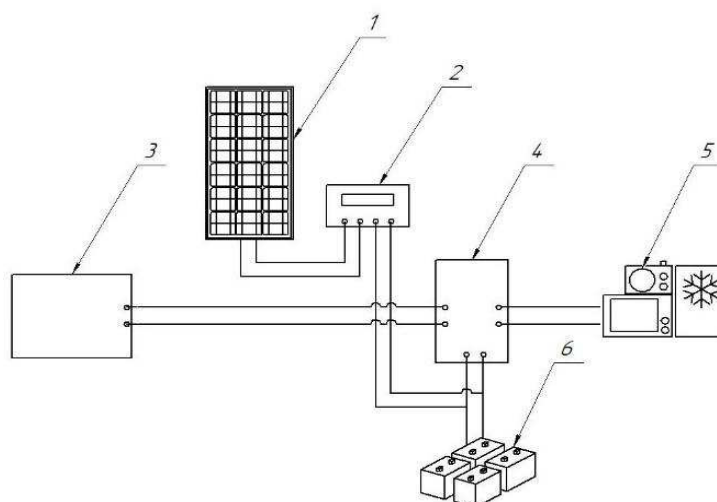


Рис. 4. Схема солнечной электростанции

Солнечное излучение попадает на солнечную батарею 1, которая преобразует энергию солнца в электричество постоянного напряжения. Постоянный ток подается на контроллер заряда 2, который регулирует заряд АКБ 6 и контролирует подачу энергии от солнечных батарей. При полном заряде контроллер отключает аккумуляторную батарею от системы.

Частотный преобразователь 4 в системе подключен сразу к нескольким источникам энергии: солнечные панели 1, АКБ 6 и резервное электроснабжение 3. Преобразователь инвертирует постоянный ток меньшего напряжения в переменный ток с напряжением 220 В и регулирует подачу электроэнергии к потребителю 5. Так он использует энергию, вырабатываемую солнечными панелями, при недостатке этой энергии, берет ее от аккумуляторной батареи или от системы резервного электроснабжения.

Всего на такой установке с помощью солнечной энергии можно будет произвести 34,75 кВт·ч/сут [5], при среднем потреблении электричества человеком в 1 кВт·ч/сут, этого хватит на 35 человек. В зависимости от энергопотребления, мощность установки можно регулировать изменением числа солнечных панелей и установок.

Библиографический список

1. Энергетический бюллетень. Энергоснабжение изолированных территорий. Энергоснабжение изолированных территорий в России и мире. – 2017.- № 51. - 14 с.

2. Шовкопляс С. Насколько подешевеет солнечное электричество? [Электронный ресурс] // Медиа-ресурс Air Water Therm. URL: <https://aw-therm.com.ua/naskolko-podesheveet-solnechnoe-elektrichestvo/> (дата обращения: 28.11.2019).

3. Количество солнечной энергии в регионах России. [Электронный ресурс] // Карта инсоляции регионов России. URL: <https://realsolar.ru/article/solnechnye-batarei/kolichestvo-solnechnoy-energii-v-regionah-rossii/> (дата обращения: 27.11.2019).

4. Золотов Я.В. Ecos PowerCube - мобильная солнечная электростанция. // Наука и техника. [Электронный ресурс]: <https://www.ecospheretechnology.com/environmental-engineering-technologies/powercube> (дата обращения: 28.11.2019).

5. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В. Солнечная энергетика. Методы расчетов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 317 с.

УДК 621.482:621.472

В.А. Сенченко,
П.В. Яковлев
СПГУ

СПОСОБ КОМБИНИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В связи с истощением запасов природных ресурсов, таких как нефть, газ, появляется необходимость освоения альтернативных источников энергии. К таким источникам относятся энергия солнца и геотермальная энергия, способу комбинированного использования которых посвящена данная статья.

Согласно [1], энергия Солнца, поступающая во все регионы России за три дня, превосходит энергию годового производства электроэнергии в России. Солнечная радиация варьируется от 810 кВт·ч/м² в год в отдаленных северных районах до 1400 кВт·ч/м² на юге.

Наиболее освещёнными Солнцем районами являются Краснодарский, Ставропольский края, Астраханская, Иркутская области, Республика Бурятия, Забайкальский край, Амурская область, Хабаровский, Приморский края, Якутия (рис.1).

Что касается геотермальной энергетики, Россия обладает запасами геотермальной энергии, в 10÷15 раз превышающими запасы нефти, газа, но не использует геотермальные источники для выработки тепла и электричества [2].

Низкопотенциальная геотермальная энергетика наиболее развита в таких районах, как Краснодарский, Ставропольский края, Тюменская, Омская области, Алтайский край, Иркутская область, Якутия, Камчатский край, Сахалинская область, Ненецкий автономный округ, Республика Коми (рис. 2).

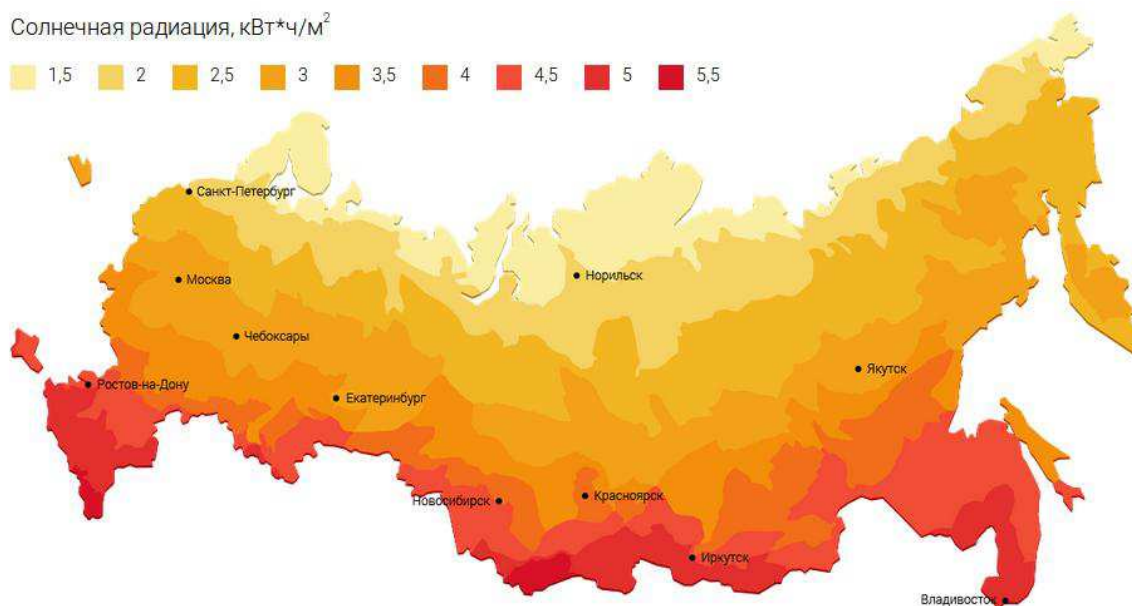


Рис.1. Карта солнечных ресурсов России

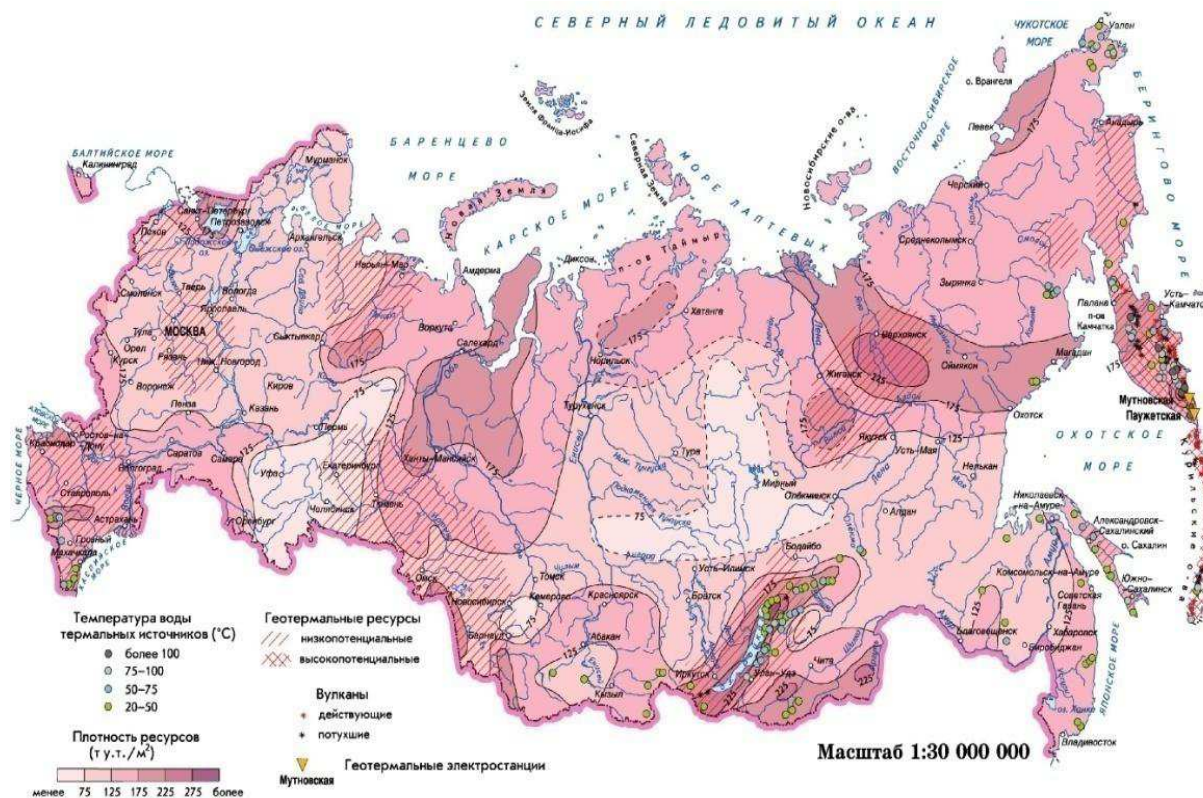


Рис.2. Карта геотермальных ресурсов России

Преимуществами геотермальной энергии являются:

- независимость от погоды, времени суток, года;
- неисчерпаемость;
- универсальное использование;
- отсутствует расход топлива.

Согласно [3], достоинства солнечной энергии следующие:

- отсутствует расход топлива;
- энергия возобновляема;
- отсутствует шумовое загрязнение.

Способ комбинированного использования солнечной и геотермальной энергии (рис. 3) осуществляется по нижеописанной схеме.

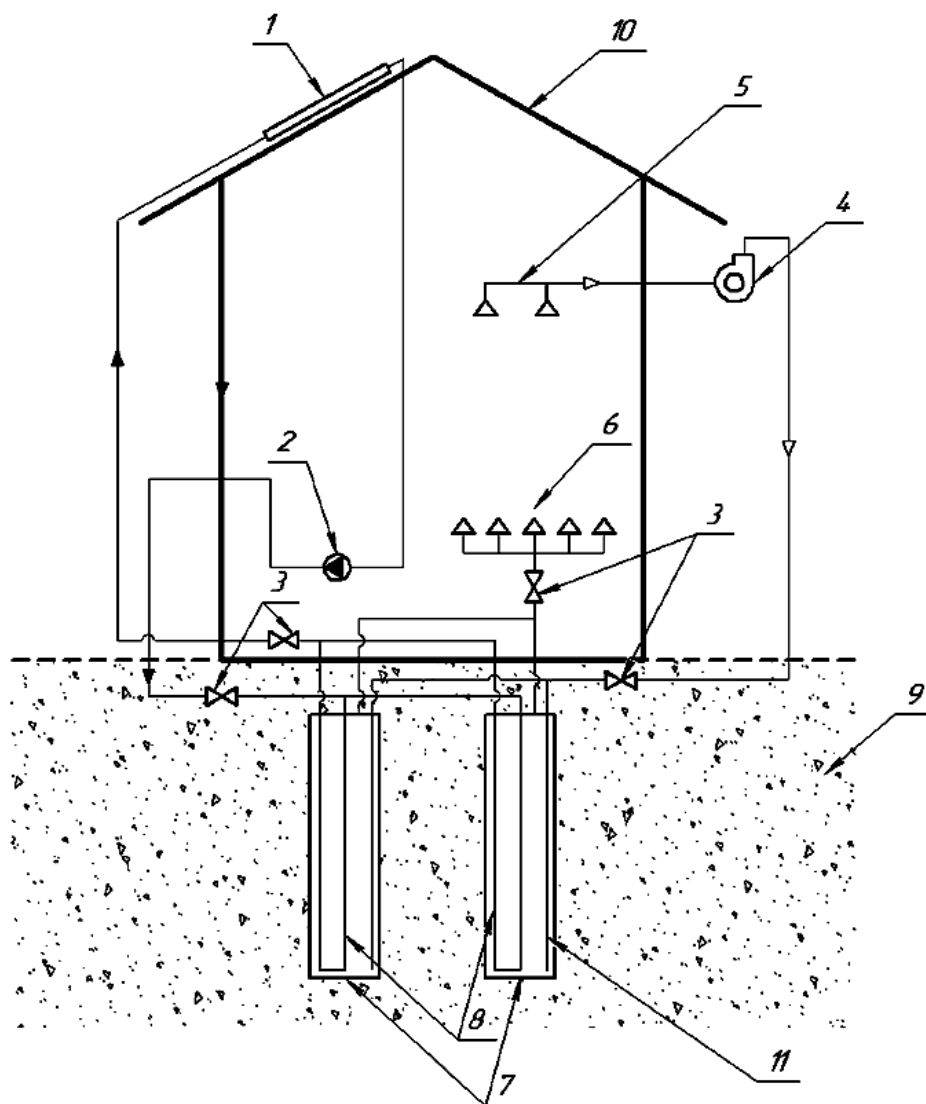


Рис.3. Принципиальная схема установки для комбинированного использования солнечной и геотермальной энергии

В солнечном коллекторе 1 нагревается жидкий теплоноситель (вода). С помощью циркуляционного насоса 2 нагретая вода поступает в теплоёмные трубы 8, жестко закрепленные в скважине 7, и отдаёт своё

тепло грунтовому массиву 9, который одновременно является низкопотенциальным геотермальным источником.

Система воздушного отопления работает следующим образом. Охлажденный воздух из здания 10 забирается системой вытяжной вентиляции 5 и при помощи вентилятора 4 через запорно-регулирующую арматуру 3 поступает в опускную трубу 11, находящуюся в скважине 7.

Нагретый жидким теплоносителем грунт 9, который одновременно является низкопотенциальным геотермальным источником, нагревает холодный воздух, и последний через приточную вентиляцию 6 поступает в здание 10, обеспечивая его отопление.

Количество отдаваемой теплоты зависит от объема подаваемого воздуха и регулируется запорно-регулирующей арматурой 3, ручным или автоматическим способом.

В районах Камчатского края геотермальная энергия обеспечивает 25 % от общего энергопотребления [4]. Но при этом Камчатка хорошо освещена солнцем, поэтому можно совместить геотермальные источники теплоты с солнечной энергией и получить гораздо больший потенциал тепловой энергии.

Число солнечных коллекторов устанавливается с учётом того, сколько геотермальной энергии содержится в грунте. Для расчёта комбинированного использования альтернативных источников энергии необходимо знать тип здания, его теплоизоляцию, тепловые потери, чтобы получить количество потенциальной тепловой энергии от геотермальных источников и далее подбирать солнечные коллекторы.

Таким образом, комбинированное использование низкопотенциального геотермального источника теплоты (грунта) и солнечного излучения позволяет круглогодично снабжать важные области производства и быта тепловой энергией соответствующего потенциала.

Библиографический список

1. Медведев Ю. Светило выходит из тени. В России начался бум солнечной энергетики [Электронный ресурс] // Российская газета - Спецвыпуск № 123 (7289). URL: <https://rg.ru/2017/06/07/v-rossii-nachalsiabum-solnechnoj-energetiki.html> (дата обращения 02.12.2019).

2. Белоокая Н.В., Пивоварова Е.И. Обзор альтернативных источников энергии. Геотермальная энергия [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «Киберленинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-alternativnyh-istochnikov-energii-geotermalnaya-energiya> (дата обращения 03.12.2019).

3. Атанасян М. Как работает солнечная энергия: преимущества и недостатки устойчивой энергетики [Электронный ресурс] // Survinat Энциклопедия выживания. URL: <http://survinat.ru/2019/07/kak-rabotaet-solnechnaja-jenergija-preimushhestva/> (дата обращения 03.12.2019).

4. Дюрягина А. Геотермальная энергетика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.myshared.ru/slide/1169247/> (дата обращения 03.12.2019).

УДК 621.6.033:621.482

А.Н. Федоткина,
И.С. Чуркин
СПГУ

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛА ДЛЯ ПОДОГРЕВА НЕФТЕПРОВОДА

В настоящее время в нашей стране и за рубежом увеличивается доля добычи и перекачки высоковязкого и с большим содержанием парафинов (до 30 %) нефтепродукта. Данный вид нефтепродукта имеет низкую температуру застывания. В результате падения температуры окружающей среды происходит отложение парафинов на стенках нефтепровода, что является серьезной проблемой в нефтегазовой отрасли. В этом случае перекачка затруднена, и для бесперебойного транспортирования высоковязкой нефти и нефтепродукта необходимо применять различные методы: добавление разбавителей, подогрев, ввод присадок.

Один из энергоэффективных методов перекачки – это подогрев магистральных трубопроводов. При подогреве улучшаются реологические свойства жидкости: снижается вязкость, повышается текучесть, вследствие чего становится проще транспортировать нефть по трубопроводу.

Одной из первых эффективных методик стало использование пароспутников. Пароспутники – это системы обогрева трубопровода от промерзания с помощью пара. Они конструктивно сложны и включают в состав такие сложные элементы, как комплектный паровой коллектор с запорной арматурой и конденсатоотводчиком, прерыватели вакуума и т.д. Вместе с проектированием самого трубопровода для перекачки конкретного носителя необходимо сразу же осуществлять проектировку пароспутника [1].

Недостатком данного устройства является подогрев нефти и высоковязких нефтепродуктов только перед началом перекачки, он не осуществляется по длине всего трубопровода, что приводит к увеличению нагрузки.

Для решения данных проблем разработан электрообогрев магистральных трубопроводов с помощью СКИН-системы.

В этой системе для обогрева трубопровода используется СКИН-эффект, характеризующийся затуханием электромагнитных волн в глубине проводящей среды [2].

Но наряду с такими преимуществами данная методика обогрева труб имеет существенные недостатки в виде низкой электробезопасности (особенно при использовании резистивных кабелей), повышения электрозатрат при эксплуатации и необходимости обеспечения трассы магистрального трубопровода электрической сетью.

В России основная часть операций по перекачке нефти производится в Сибири. Сибирь обладает запасами тепла из недр, которые могут использоваться для теплоснабжения и сельского хозяйства. Термальные воды платформы Западной Сибири имеют большой артезианский бассейн на площади почти 3 млн км². На глубинах до 3 км имеются тепловые ресурсы воды с температурой от 35 °С до 75 °С и минерализацией от 1 до 25 г/кг, они оцениваются в 180 м³/с (рис. 1) [3].

Поэтому целью исследования стало снижение потерь теплоты для нефтепровода за счет разогрева грунтового массива вокруг подземного трубопровода с использованием геотермальной теплоты. Подогрев магистрального трубопровода осуществляется устройством (рис. 2), представляющим собой т-образную трубку, состоящую из вертикальной части 1, заполненного рабочем телом (водой) при нормальном атмосферном давлении. Горизонтальная часть 2 находится под землей, и ось горизонтального участка прокладывается параллельно оси магистрального трубопровода на расстоянии $0,5 \div 2$ м.

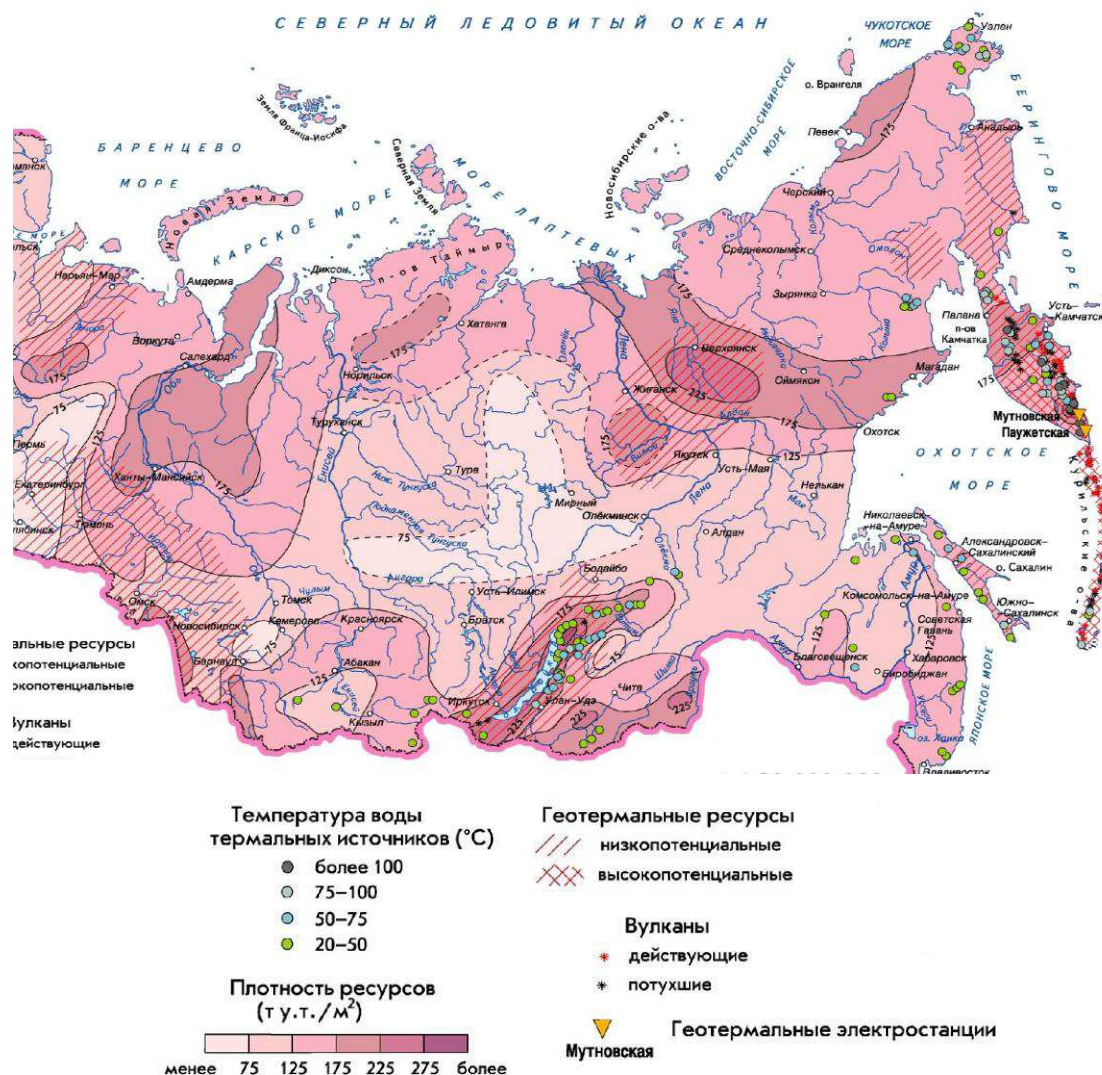


Рис. 1. Карта геотермальных ресурсов Сибири и Дальнего Востока

Устройство работает следующим образом: вода в вертикальной трубе 1 нагревается за счет геотермального тепла. Далее посредством естественной конвекции нагретая вода перемещается в горизонтальную часть корпуса 2, где отдает тепло грунтовому массиву вокруг трубопровода.

Предложенное решение имеет ряд преимуществ:

1. Снижение потерь теплоты для нефтепровода осуществляется за счет разогрева грунтового массива вокруг подземного трубопровода, при использовании альтернативного источника теплоты – геотермальной энергии.

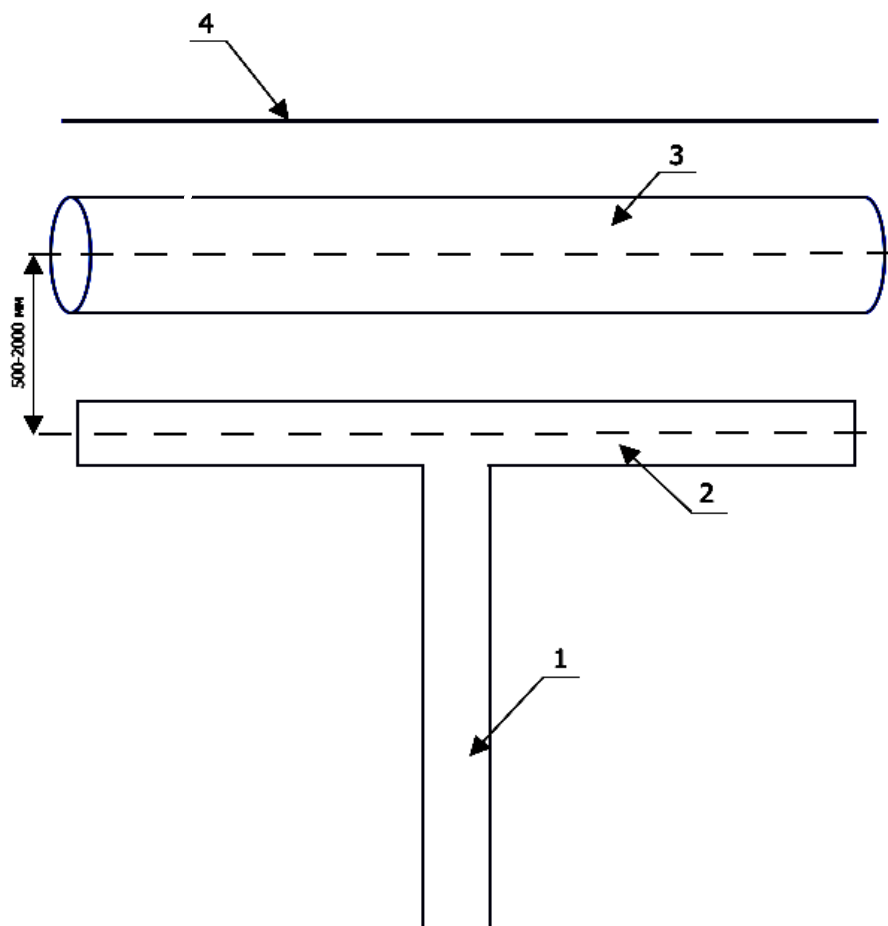


Рис. 2. Тепловая трубка:

- 1 – вертикальный корпус; 2 – горизонтальный корпус; 3 – нефтепровод;
4 – поверхность земли

2. Данная методика сокращает затраты на покупку дорогостоящего оборудования и не требует создания системы генерирования и транспортирования электроэнергии на длину всего нефтепровода.

3. Возможность широкого применения. На территории России - большое количество подземных трубопроводов, по которым ведется перекачка высоковязкой нефти, поэтому требуется постоянное поддержание температуры сырья внутри нефтепровода.

Библиографический список

1. Обогрев трубопроводов: способы и их особенности [Электронный ресурс] // Интернет-журнал о популярных тепловых технологиях. URL: <https://rinnipool.ru/raznoe/nagrevatel-dlya-truboprovoda> (дата обращения: 26.10.2019).

2. Система ИРСН-15 000 на основе СКИН-эффекта [Электронный ресурс] // Интернет-журнал о комплексных системах электрообогрева. URL: <https://energybase.ru/equipment/sistema-irsn-15000-na-osnove-skin-effekta> (дата обращения: 10.11.2019).

3. Кононов В.И., Поляк Б.Г., Хуторской М.Д. Гидрогеотермальные ресурсы России [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Науки о земле и смежные экологические науки». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrogeotermalnye-resursy-rossii/viewer.html> (дата обращения: 15.11.2019).

УДК 697.7

П.М. Клешина,
И.С. Чуркин
СПГУ

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

В связи с большой площадью территорий Россия имеет самые разнообразные климатические условия. Однако средняя температура зимой во многих областях достигает -20 °С и ниже. Холодный климат обуславливает высокое теплотребление, что является существенной проблемой для нашей страны. Россия занимает одно из первых мест по потреблению тепловой энергии на душу населения.

Общее теплотребление в России на 2017-2018 гг. составило 570 029,30 тыс. Гкал [1], что составляет примерно 72 млн т условного топлива, из которого почти 26 % приходится на частный сектор, по данным Росстата на 2018 г. [2].

При этом не каждый поселок или деревня имеют доступ к крупным источникам теплоты, таким как ТЭЦ или котельная. Следовательно, возникает необходимость закупки твердого топлива (угля или дров), обеспечение его хранения и ежедневная ручная эксплуатация топлива. Очевидно, что проблема теплоснабжения малых поселков и отдельных домохозяйств стоит весьма остро.

Хорошей альтернативой твердому топливу для теплоснабжения отдельных домохозяйств и небольших поселков является применение солнечной энергии. Общий вид установки представлен на рис.1.

В летнее время система производит накопление и запасание тепловой солнечной энергии. На освещаемых солнцем участках, например, на крыше дома располагаются солнечные коллекторы 1, которые благодаря воздействию солнечного излучения нагревают трубы с теплоносителем, в данном случае с водой. Далее теплоноситель по трубопроводу 2 поступает в

скважину 7, от которой нагревается грунтовый массив. Далее остывший теплоноситель по трубопроводу 3 направляется обратно к солнечным коллекторам 1, используя водяной циркуляционный насос 4.

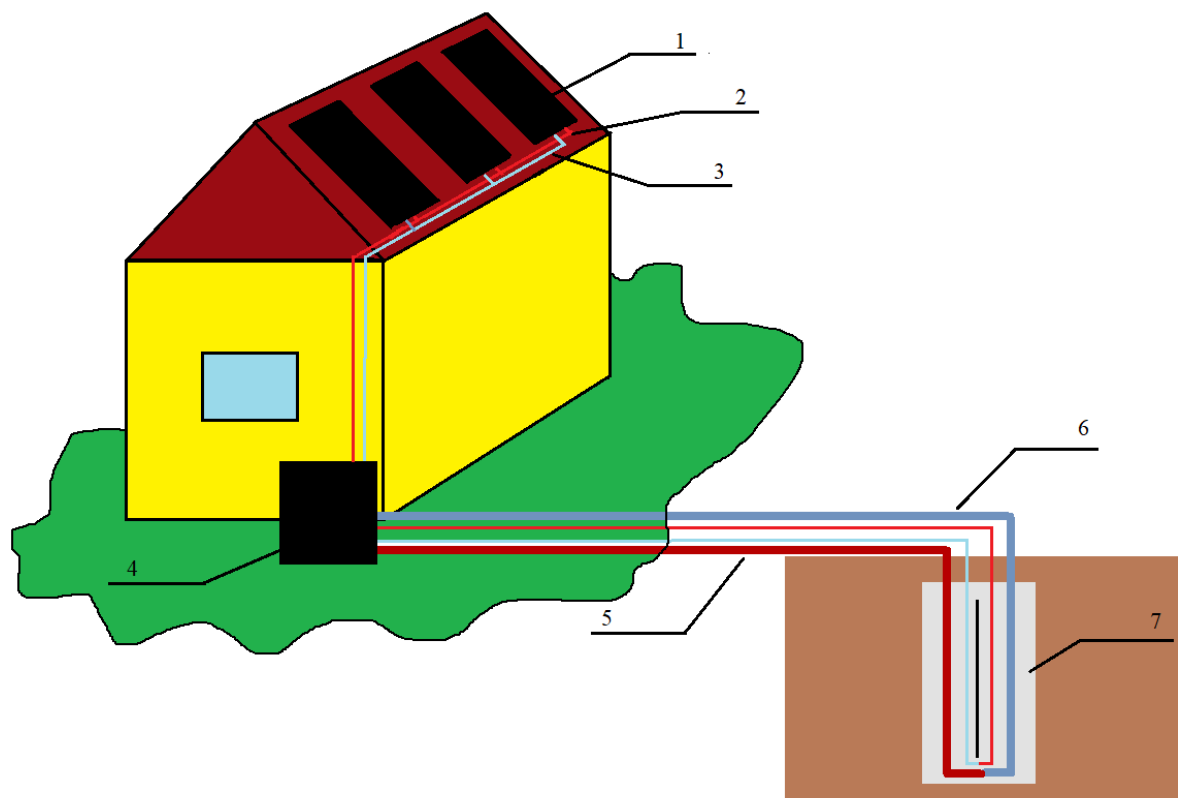


Рис. 1. Принцип работы системы отопления с помощью солнечного коллектора и термоаккумулятора:

1 – солнечный коллектор; 2 – трубопровод горячей воды; 3 – трубопровод холодной воды; 4 – короб с водяным и воздушным циркуляционными насосами; 5 – трубопровод горячего воздуха; 6 – трубопровод холодного воздуха; 7 – термальная скважина (термоаккумулятор)

Во время отопительного периода холодный воздух из помещения по трубопроводу 6 поступает в скважину 7, где нагревается, и далее по трубопроводу 5 поступает в помещение, где осуществляется воздушное отопление. Мощность системы отопления легко регулируется изменением расхода воздуха.

На рис. 2 представлено поле температур вокруг скважины при обогреве солнечным коллектором за летний период (в течение 180 суток).

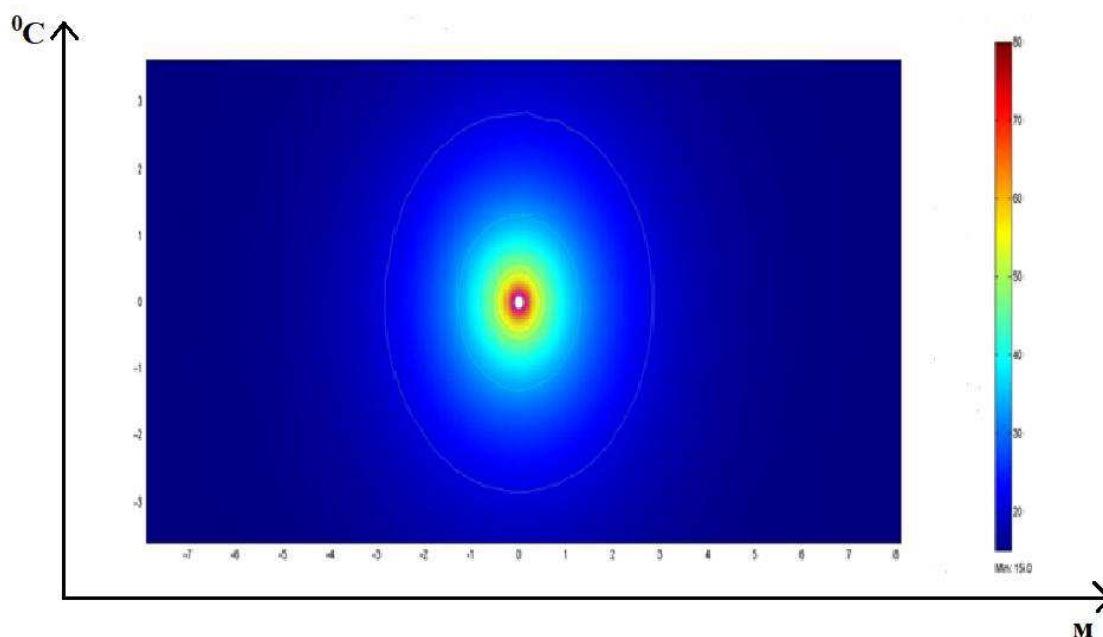


Рис. 2. Тепловое поле грунта

Принимая во внимание параметры, представленные на рис. 2, можно сделать выводы, что в отопительный сезон (в среднем в течение 6 месяцев) система отопления будет способна отдавать зданию 1 кВт тепловой мощности с одного термоаккумулятора длиной 20 м. При увеличении количества термоаккумуляторов или их размера (длины) и солнечных коллекторов данная система может отапливать любое количество домов.

Эффективность накопления тепловой солнечной энергии можно повысить, меняя тип коллектора (рис. 3) [3].



Рис. 3. Типы солнечных коллекторов:

а - трубчатый коллектор; б - плоский коллектор; в - вакуумный трубчатый коллектор

Трубчатый коллектор (рис. 3а) состоит из медных трубок, покрытых черной краской с большой степенью черноты, недостатком этого типа является потеря тепла через излучение, с конвекцией и теплопередачей. Плоский коллектор (рис. 3б) отличается наличием защитного стекла, благодаря которому создается парниковый эффект и исключается потеря тепла через излучение [3]. Вакуумный трубчатый коллектор (рис. 3в) имеет практически нулевые потери тепла, но его существенным недостатком является высокая стоимость. В большинстве случаев наиболее практичным будет применение коллектора, изображенного на рис. 3б.

Применение солнечного излучения в качестве источника энергии для системы отопления имеет ряд преимуществ:

- большой срок службы системы;
- возможность использовать аккумулированную тепловую энергию для других целей;
- отсутствие необходимости в закупке топлива.

Библиографический список

1. Министерство энергетики – статистика [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/activity/statistic> (дата обращения: 30.11.2019).

2. Федеральная служба государственной статистики – переписи и обследования [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/folder/524> (дата обращения: 27.11.2019).

3. Солнечные коллекторы: виды, принцип работы, устройство системы [Электронный ресурс] // SRBU.RU. URL: <https://srbu.ru/otoplenie/1552-solnechnye-kollektory-vidy-printsip-raboty-ustrojstvo.html#s2> (дата обращения: 29.11.2019).

УДК 577.23

А.А. Ильина,
Е.А. Васильева
ВШТЭ СПбГУПТД**БИОЭТАНОЛ – ТОПЛИВО БУДУЩЕГО**

В современном мире все более актуальными становятся вопросы сохранения окружающей среды и замещения невозполнимых природных ресурсов экологически чистыми возобновляемыми источниками энергии, в том числе альтернативными видами топлива. Примером такого замещающего топлива может служить биоэтанол.

Биоэтанол – одноатомный спирт, получаемый при переработке растительной биомассы. Биоэтанол легко воспламеняется и характеризуется высоким октановым числом, что позволяет использовать его в качестве частичной или полной замены нефтяного бензинового топлива [1].

Удельная теплота сгорания биоэтанола составляет 27 МДж/кг, что почти вдвое меньше теплотворной способности бензина. Это может привести к увеличению расхода топлива почти на 35 %, вызвать преждевременный износ автомобильного оборудования и ряд других негативных последствий. Поэтому широкое применение получили смеси биоэтанола с бензином (табл. 1) [2, 3].

Таблица 1

Наиболее распространенные в различных странах топливные смеси с биоэтанолом

Смесь	Биоэтанол, %	Бензин, %	Страна
E5, E7, E10	5, 7, 10	95, 93, 90	Колумбия, Австралия, Аргентина, Коста-Рика, страны Евросоюза, Канада, Новая Зеландия
E20 (E25) «газохол»	20 (25)	80 (75)	Бразилия, Китай, Таиланд, Дания
E85 «Flex-Fuel»	85	15	Бразилия, США, Венесуэла, Швеция, Германия
E100	96 (+4 % - вода)	-	Бразилия, Аргентина

Использование смеси E10 и менее в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) на сегодня одобрено всеми крупными мировыми производителями автотранспортных средств от мотоциклов до автобусов. Более того, в некоторых странах обязательное присутствие биоэтанола в используемом топливе закреплено нормативными актами. Например, в Бразилии бензин должен содержать 24 % этанола, а дизельное топливо – 2 % этанола [2].

Обеспечение выполнения указанных требований законодательства стало возможно в силу того, что в качестве сырья для производства биоэтанола могут использоваться первичные и вторичные ресурсы (табл. 2) [4, 5].

Таблица 2

Первичное и вторичное сырье для производства биоэтанола,
используемое в некоторых странах

Страна	Сырье	
	первичное	вторичное
Бразилия	сахарный тростник, картофель, фуражная свекла	жмых сахарного тростника (багасса); сахарной свеклы (меласса);
Испания	кукуруза	банановые отходы, оливковые косточки
США	кукуруза; сорго; водоросли	стебли кукурузы; рисовая солома; отходы лесной промышленности; отходы барды
Китай, Нигерия, Таиланд	пшеница; рис; маниок; сахарное сорго	отходы сельского хозяйства
Ирландия, Новая Зеландия	-	отходы производства кисломолочной продукции
Европейский союз	пшеница, кукуруза	пищевые отходы; отходы деревообработки
Россия	топинамбур; картофель; борщевик	меласса; отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности; отходы барды; навоз и помёт

Как видно из таблицы, в настоящее время крупнейшие производители биоэтанола преимущественно используют первичное сырье: картофель, сахарный тростник и кукурузу. Помимо климатических особенностей, это связано с выходом спиртосодержащей фракции из различных культур.

Среднее количество биоэтанола, получаемого из органического сырья, показано на рисунке.

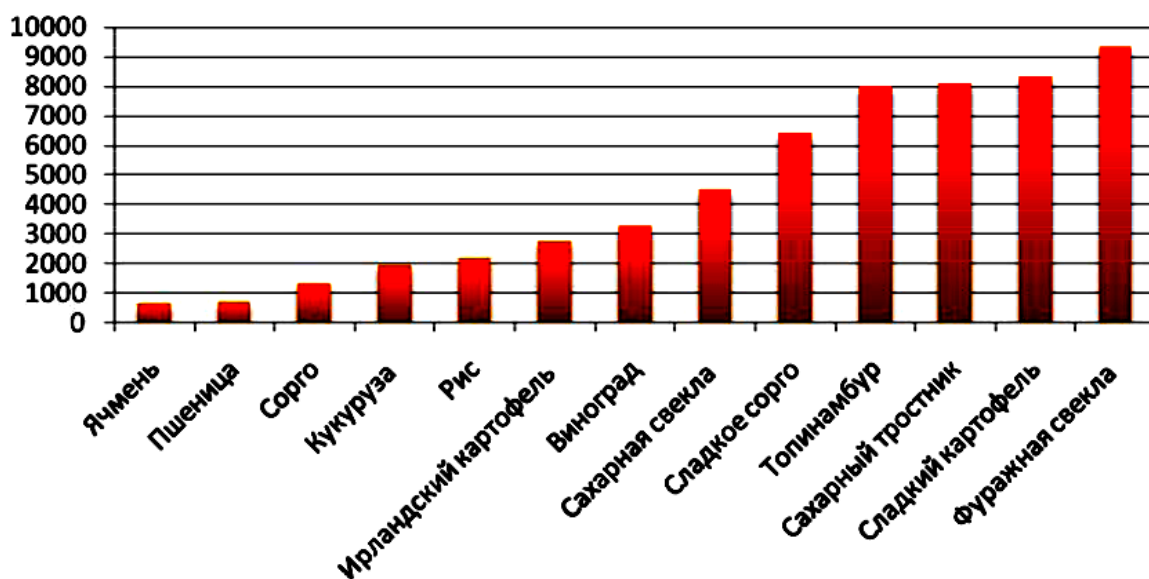


Рис. Среднее количество биоэтанола, получаемого из органического сырья, л/га [5]

Также из табл. 2 видно, что биотопливный сектор промышленности является крупным потребителем отходов производства и потребления, а также некоторых вредоносных растений. В России расширенное использование борщевика в качестве сырья при производстве биоэтанола, позволит одновременно решить две экологические проблемы: стихийная культивация опасного сорняка и негативное воздействие на окружающую среду топливно-энергетического комплекса.

Биоэтанол в качестве топлива нейтрален как источник парниковых газов. Он обладает нулевым балансом диоксида углерода, поскольку при производстве биоэтанола путем брожения и последующем сгорании выделяется столько же CO_2 , сколько до этого было связано из атмосферы использованными для его производства растениями.

Еще одно преимущество - положительный энергетический баланс от 1,24 до 8. То есть, при сжигании биоэтанола выделяется в несколько раз больше энергии, чем затрачивается при его производстве. В этом смысле этиловый спирт сильно превосходит бензин [2].

Но имеются и существенные негативные стороны производства и применения биоэтанола – как экономические, так и экологические.

Для выращивания первичного биотопливного сырья в развивающихся странах активно вырубается леса. Происходит обеднение почв, нарушение рельефа. Приоритет технических культур перед пищевыми обостряет проблему голода в развивающихся странах. По прогнозам специалистов из США, в результате активизации биотопливной отрасли к 2025 г. число голодающих на планете возрастёт до 1,2 млрд человек.

Топливные смеси с содержанием биоэтанола более 10 % требуют конструктивных изменений ДВС и введения антикоррозионных присадок. Альтернативой биоэтанола является биобутанол, который обладает более высоким энергетическим потенциалом, но менее летуч и может использоваться в автомобилях без изменений в конструкции ДВС [5].

Стоимость производства биоэтанола в значительной степени зависит от выбранного сырья и может как превышать стоимость производства бензина, так и быть ниже. В России существуют требования к этанольному моторному топливу, но с 2006 г. ужесточились требования к производству и обороту этилового спирта. На сегодняшний день бензин, содержащий более 1,5 % спирта, признается спиртосодержащей продукцией, его изготовление и реализация подлежат лицензированию и облагаются значительным налогом, что делает производство биоэтанола и спиртосодержащего топлива в нашей стране невыгодным [4, 6].

Библиографический список

1. Биоэтанол [Электронный ресурс] // Интернет-энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB> (дата обращения: 03.11.2019).

2. Беляков С. А., Казаков А. А. Рынок биотоплива в международной и российской практике [Электронный ресурс] // Интернет-журнал. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-biotopliva-v-mezhdunarodnoy-i-rossiyskoj-praktike> (дата обращения: 11.11.2019).

3. Карпов С.А., Капустин В.М., Старков А.К. Автомобильные топлива с биоэтанолом. – М.: КолосС, 2007. - 219 с.

4. Почему в России отсутствует производство жидкого топлива с этанолом? Перспективы развития отрасли [Электронный ресурс] // Интернет-журнал. URL: <https://ecology-ru.livejournal.com/1230172.html> (дата обращения: 12.11.2019).

5. Василевкин Е.В., Апелинский Д.В., Егоров В.Н. Сырье для производства биоэтанола. Технология производства, перспективы // Материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров». – М.: МАМИ, 2012. - С. 36-42.

6. ГОСТ Р 52201-2004 «Топливо моторное этанольное для автомобильных двигателей с принудительным зажиганием. Бензолы. Общие технические требования» [Электронный ресурс] // Консорциум «Кодекс». URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035355> (дата обращения: 16.11.2019).

УДК 621.472:502.7

**Я.А. Володина,
М.В. Волкодаева**
СПГУ

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Развитие нетрадиционных способов получения энергии основывается на их меньшей ресурсозатратности, стремлении к энергетической безопасности и независимости. Одним из перспективных направлений отрасли является солнечная энергетика. Однако развитие солнечной энергетика оказывает негативное воздействие на окружающую среду, начиная с добычи полезных ископаемых и заканчивая утилизацией отработавших элементов [1].

Антропогенное воздействие на природную среду начинается с момента добычи материалов для создания солнечных элементов и продолжается в процессе эксплуатации установок, их утилизации. Следует отметить, что солнечная энергетика относится к одному из наиболее материалоемких видов производства энергии.

При использовании солнечных коллекторов возникает потребность в значительных объемах алюминия и меди (иногда никеля и хрома). Производство алюминия требует большого количества электроэнергии, а также приводит к выделению различных твердых (пыль, содержащая оксиды алюминия, фториды) и газообразных (монооксид и диоксид углерода, фтороводород, сернистый ангидрид, тетрафторид кремния и углерода и др.) веществ. При производстве меди из руды образуется большое количество опасных веществ, в основном газов (производные свинца, серы, мышьяка, меди), которые негативно сказываются на качестве атмосферного воздуха [2].

Большинство фотоэлементов изготавливается из кремния. Хотя кремний является одним из самых распространенных элементов на земле, его нехватка – первичное ограничение, с которым сталкивается солнечная промышленность. Получение ультрачистого монокремния является

капиталоемким процессом с большими затратами. Более того, его производство связано с устаревшей «грязной» хлорной технологией, что оказывает значительное воздействие на окружающую среду.

Сами фотоэлементы содержат токсичные вещества (свинец, галлий, мышьяк, кадмий и другие), а их производство потребляет множество других опасных соединений. Срок службы фотоэлементов составляет 30÷50 лет, следовательно, их массовое применение требует решения проблемы утилизации.

Эффективность фотоэлектрических элементов падает при их нагреве, что обуславливает необходимость установки систем охлаждения. Использование специальных жидкостей, а также их возможные утечки во время эксплуатации систем могут привести к загрязнению водной среды. Особую опасность представляют жидкости, содержащие высокотоксичные хроматы и нитриты [3]. Если в качестве охладителя выступает вода, то это является причиной теплового загрязнения водоемов при сбросах использованных вод. Нельзя исключать возможность перегрева и возгорания систем, использующих концентраторы, с соответствующими последствиями для окружающей среды.

Гелиотермальные установки могут создавать шумовое загрязнение, если в процессе их работы используются вращающиеся турбины. Это, в свою очередь, воздействует на обитающую вблизи электростанций фауну.

Более того, солнечные панели способствуют изменению направления ветра, влажности, нарушению теплового баланса [4]. Обширные территории, на которых на высоте 1,8÷2,5 м устанавливаются модули, могут быть использованы для сельскохозяйственных нужд, выпаса скота. Тем не менее, естественные процессы на затемненных участках земли все равно подвергаются изменению.

Таким образом, преобразование энергии от Солнца обладает такими преимуществами, как неисчерпаемость, общедоступность и бесплатность

источника. Кроме того, важным является отсутствие выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при эксплуатации установок. Но также есть и ряд недостатков, связанных с высокой стоимостью производимой энергии, малым КПД солнечных установок, зависимостью от погодных условий и времени суток, воздействием на окружающую среду при добыче сырья для производства материалов, эксплуатации установок, утилизации отработавших элементов. Причиной многих недостатков является относительно слабый уровень развития отрасли на сегодняшний день. Научно-технический прогресс, инвестиции, государственная поддержка позволят решить ряд проблем и вывести солнечную энергетику на новый уровень.

Библиографический список

1. Александров К.А., Гудовски В. Альтернативная энергетика : общая информация, актуальные вопросы, факторы экономической и экологической эффективности, систематика и терминология. - М.: Междунар. науч.-техн. центр : Новости теплоснабжения, 2007. - 36 с.
2. Габдулхакова О.И., Яо Л.М. Влияние нефтехимического градообразующего предприятия на экологическую ситуацию в регионе. // В сб. тезисов докладов и статей междунар. конф. «Градообразующие предприятия: назад в будущее или вперед в прошлое». – Росс. эконом. ун-т им. Г.В.Плеханова, 2014. - С. 51-56.
3. Дакалов М.В. Проблемы развития возобновляемых источников энергии в странах ЕС // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом, 2015. - № 4. - С. 50-55.
4. Рютов Д. Д. Солнечная энергетика и «тепловое загрязнение» атмосферы. – Новосибирск: ИЯФ СО АН СССР, 1989. — 11 с.

УДК 502.7:621.8.03

Т.И. Жаркина,
И.В. Антонов
ВШТЭ СПбГУПТД

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Человек неразрывно связан с окружающей средой и активно использует ее ресурсы. К сожалению, запасы традиционного топлива в природе ограничены. Человечество обратилось за решением энергетической проблемы к альтернативным источникам энергии (АИЭ). АИЭ позволяют получать энергию и одновременно сохранять природные ресурсы. Однако любой хозяйственный процесс приводит к негативным последствиям для окружающей среды, и получение энергии из возобновляемых ресурсов – не исключение.

В данной работе пойдет речь об экологических последствиях использования наиболее распространенных видов АИЭ.

Некоторые негативные факторы **солнечной энергетики**:

- 1) потребление значительного количества ископаемого сырья при производстве оборудования (алюминий, свинец, галлий, медь и др.);
- 2) негативные воздействия на компоненты окружающей среды при добыче и переработке ископаемого сырья (изменение рельефа, выбросы в атмосферу, энергозатраты, образование высокотоксичных побочных продуктов производства - ртуть, мышьяк, хром и др.) [1, 2, 3];
- 3) отчуждение территорий (электростанции занимают значительные площади: лесные, сельскохозяйственные территории и др.);
- 4) влияние на климат, флору и фауну (масштабное использование солнечных панелей нарушает естественный температурный режим, затеняет большие области грунта, подрывает кормовую базу живых существ);

5) образование перерабатываемых отходов фотоэлементов (содержат свинец, медь, галлий, кадмий и др. и входят в проблемную группу отходов ОЭЭО – отходы электронного и электробытового оборудования) [3].

Некоторые негативные факторы использования **ветроэнергетических установок (ВЭУ)**:

1) отчуждение территорий (крупная ветроэнергетика требует сооружения мощных фундаментов и установления зон безопасности вокруг ВЭУ);

2) потребление ископаемых ресурсов и материалов (редкие металлы, стеклопластик, цемент и др., при добыче и переработке которых образуются токсические и радиоактивные отходы);

3) шумовое и вибрационное воздействие на окружающую среду [4, 5];

4) изменение климата (снижение кинетической энергии воздушных потоков и образование «ветровых теней», увеличение содержания CO₂ в атмосфере, выделение механизмами тепла и др.);

5) воздействие на здоровье населения (ученые отмечают стробоскопический эффект от мерцания тени при вращении лопастей ВЭУ и инфразвуковое воздействие);

6) образование отходов композитных материалов лопастей ВЭУ [3].

Некоторые негативные факторы использования энергии **морских и океанических волн** (в т.ч. приливных):

1) эрозия побережья, изменение схемы движения песков;

2) загрязнение воды в процессе строительства;

3) гибель морских обитателей;

4) изменение водного режима водотоков;

5) нанесение вреда морским обитателям [3].

Некоторые негативные факторы использования тепловой энергии **недр Земли**:

- 1) инициирование сейсмической активности, оседания почв, выпадение твердых, вредных частиц на геотермальные площадки;
- 2) загрязнение вод при бурении и эксплуатации скважин;
- 3) выбросы топливных газов в атмосферный воздух [6];
- 4) нарушение биocenozов (гибель рыб, животных и растений при сбросе геотермальной воды в поверхностные воды);
- 5) шумовое загрязнение.

Некоторые негативные факторы использования **биомассы – биогазовые установки (БГУ):**

- 1) отчуждение площадей для хранения субстрата;
- 2) загрязнение грунта и грунтовых вод при нарушении гидроизоляции хранилищ субстрата;
- 3) загрязнение атмосферного воздуха при получении и сжигании биогаза (CO, NO и NO₂, SO₂, формальдегид, углеводороды и др.) [7];
- 4) взрывоопасность смеси биогаза с воздухом [3].

Перспективность АИЭ очевидна, им отводится важная роль в системе энергоснабжения. Но о вреде от АИЭ не так часто упоминают, а это немаловажно в оценке перехода на этот вид источников. Несмотря на то, что альтернативные источники наносят менее обширный вред по сравнению с традиционными, каждое решение о замене энергоресурса требует отдельного всестороннего изучения.

Библиографический список:

1. О чем умалчивают производители солнечных батарей [Электронный ресурс] // Интернет-журнал. URL: <https://masterok.livejournal.com/5434816.html> (дата обращения: 20.09.2019).
2. Обратная сторона Солнца [Электронный ресурс] // Интернет-журнал. URL: <https://peretok.ru/articles/freezone/18187/> (дата обращения: 10.10.2019).

3. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] // Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. URL: <http://window.edu.ru/resource/549/75549/files/up.pdf> (дата обращения: 29.09.2019).

4. Ридли М. Ветроэнергетика не экологична и совсем не делает мир лучше [Электронный ресурс] // Русбэйс. URL: <https://rb.ru/story/vetryaki/> (дата обращения: 10.10.2019).

5. Кемеров И. Большой обман [Электронный ресурс] // Журнал «Свой круг». URL: <https://fishki.net/3086565-bolyshoj-obman.html> (дата обращения: 10.11.2019).

6. Берман Э. Геотермальная энергия. - М.: Мир, 1978. – 208 с.

7. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки: практическое пособие. - М.: Zorg Biogas, 2011. – 268 с.

УДК 621.154:643

**В.Д. Цимбал,
Н.Н. Гладышев
ВШТЭ СПбГУПТД**

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ОБЛАСТИ ЖКХ

В последнее время остро стоит вопрос применения ресурсосберегающих технологий. Для того, чтобы перейти на путь интенсивного развития экономики и рационального природопользования, необходимо использовать энергосберегающие технологии.

В РФ был принят в 2009 г. Федеральный Закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Но все равно по уровню экономии электроэнергии и энергосбережения РФ очень сильно отстает от европейских стран.

С каждым годом в России ухудшается экологическая ситуация, растут цены на топливно-энергетические ресурсы, больше половины используемых энергоресурсов потребляется в системах теплоснабжения, поэтому вопрос энергосбережения в этой сфере наиболее актуален. Это подтверждается такими факторами, как необходимость разрабатывать новые месторождения ископаемого топлива и зависимость экономики от мировых цен на углеводородное топливо.

Большое количество полезных ископаемых добывается в Российской Федерации, где основными видами топлива для ТЭС являются природный и попутный нефтяной газ и уголь. Причем на газе работает большинство ТЭС Европейской части России, а угольные ТЭС преобладают в Южной Сибири и на Дальнем Востоке. Количество электростанций на мазуте занимает небольшую долю.

Производство электроэнергии в России в 2018 г. составило примерно 1109 млрд кВт·ч. Около 65 % от общей выработки электроэнергии

составляют теплоэлектростанции (ТЭС), 18 % вырабатывают атомные электростанции (АЭС) и 17 % - гидроэлектростанции (ГЭС).

Системы теплоснабжения предназначены для передачи тепловой энергии в виде горячей воды от источника теплоснабжения к потребителю. Задачей систем теплоснабжения является покрытие тепловых нагрузок отопления, ГВС и вентиляции.

Централизованные системы теплоснабжения получили самое широкое распространение в России. Эти системы содержат большое количество котельных и ТЭЦ, которые обеспечивают тепловой энергией своих потребителей.

Надежное и экономичное снабжение теплотой всех категорий потребителей достигается путем управления работой централизованного теплоснабжения. Цель управления – обеспечение потребителей необходимым расходом теплоносителя с заданной температурой, т.е. обеспечение требуемого гидравлического и теплового режимов сети в ее динамическом и статическом состояниях. Эта цель достигается поддержанием заданных величин давления, перепада давления, температуры в различных точках системы.

Главным недостатком таких систем является высокая степень централизации. Огромное количество потребителей подключено к источникам теплоснабжения на различных расстояниях, что сопровождается большими потерями при транспортировке теплоносителя (20 ÷ 30 %), сложными гидравлическими системами и большой протяженностью трубопроводов. По этой причине источнику теплоснабжения приходится подавать все больше тепловой энергии потребителю для покрытия тепловых потерь в сетях. Результатом этого являются режимы перетапливания и недотапливания помещений, т. е. одному потребителю приходит тепловая энергия с большей или меньшей температурой, чем другому. Другими словами, нарушается тепловой баланс помещений.

Одним из направлений ресурсосбережения в области ЖКХ является применение бытовых тепловых парокомпрессионных насосов. В них используется низкопотенциальная теплота от источника, которая трансформируется на более высокий температурный уровень в тепловом насосе и далее используется для отопления и ГВС здания.

В качестве низкопотенциальной теплоты можно использовать охлаждающую воду конденсаторов паротурбинных ТЭС в системах отопления жилых зданий.

Производить тепловую энергию можно непосредственно у потребителя. Это возможно осуществить с помощью применения теплового насоса. Тут сразу же решается вопрос о регулировании тепловой энергии, поскольку не нужно транспортировать тепловую энергию на большие расстояния. И температуру горячей воды можно поддерживать постоянно на заданном уровне без потерь в тепловых сетях.

Тепловой насос в комплексе теплоснабжения можно использовать для отопления зданий в зимний период времени и для кондиционирования в летний, а также ТНУ может послужить, чтобы нагреть воду для подачи на горячее водоснабжение (ГВС).

Тепловой насос является *экологически чистой установкой*, поскольку в нем нечего не сжигается, и не выделяются вредные вещества. Стоит отметить тот факт, что при затрате одной единицы электрической энергии установка вырабатывает две, три и более единиц тепловой энергии.

Тепловую нагрузку на отопление можно покрывать за счет нагревания приточного воздуха, поступающего с улицы, в приточно-вытяжной установке. Задача устройства заключается в отбирании части тепла от уже отработанного, отведенного из помещения воздуха. Отобранное тепло передается потоку, который поступает из системы подачи чистого воздуха. Степень рекуперации составляет около 70÷80 %.

Таким образом, необходимо использовать энергосберегающие технологии, чтобы перейти на путь интенсивного развития экономики. Применение тепловых насосов в области ЖКХ позволит наиболее рационально использовать природные ресурсы для отопления жилых зданий.

Библиографический список

1. Приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла: принцип действия, обзор достоинств и недостатков [Электронный ресурс] // URL: <https://www.tproekt.com/pritocno-vytaznaa-ventilacia-s-rekuperaciej-tepla-princip-dejstvia-obzor-dostoinstv-i-nedostatkov/> (дата обращения: 26.10.2019).
2. Экономика России, цифры и факты. Часть 7. Энергетика. [Электронный ресурс] // URL: <https://utmagazine.ru/posts/10560-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-7-energetika> (дата обращения: 22.10.2019).

УДК 621.472

М.В. Воронин,
П.Ш. Мамаджанов,
М.А. Шевелёв,
Д.В. Горлатов
СПбГАСУ

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Солнечные батареи давно используются для питания космических аппаратов и установок для электрификации маломощных автономных объектов. Относительно недавно на их основе начали сооружать крупные электростанции, имеющие системы слежения за Солнцем и рассчитанные на электроснабжение потребителей большой мощности.

Для анализа и прогнозирования работы реальных солнечных батарей часто используется моделирование. Модель элемента солнечной батареи можно представить в виде однодиодной схемы замещения с сосредоточенными параметрами (сопротивлениями) (рис. 1) [1]. На схемах здесь и далее используются условные обозначения источника тока и резистора, принятые в программах моделирования и зарубежных источниках, а сейчас все чаще и в российских публикациях.

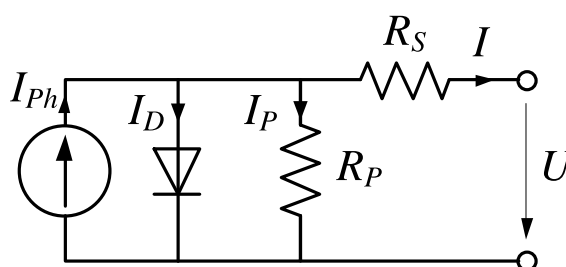


Рис. 1. Однодиодная модель солнечного элемента

Источник тока моделирует фототок I_{Ph} , возникающий под действием (солнечного) излучения и пропорциональный его интенсивности. I_{Ph} часто заменяют током короткого замыкания I_{SC} , поскольку их величины совпадают. Диод служит для моделирования статических и динамических свойств p - n -

перехода. Шунтирующее сопротивление R_p необходимо для учета дефектов структуры полупроводникового материала, а последовательное сопротивление R_s – для учета объемных сопротивлений, обусловленных геометрическими параметрами фотопреобразователя, и контактных сопротивлений.

Уравнение тока, отдаваемого схемой на рис. 1 внешней нагрузке, можно записать

$$I = I_{ph} - I_D - I_p. \quad (1)$$

Выражение (1) можно переписать с учетом выражения для тока I_D [2], протекающего через диод, падения напряжения на сопротивлении R_s и зависимости I_{ph} от интенсивности излучения W :

$$I = I_{ph}(W) - I_0 \left(\exp\left(\frac{q(U + I \cdot R_s)}{n \cdot k \cdot T}\right) - 1 \right) - \frac{U + I \cdot R_s}{R_p}, \quad (2)$$

где I_0 – максимальный обратный ток диода без учета пробоя; n – коэффициент неидеальности p - n -перехода; U – выходное напряжение; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура p - n -перехода; $q = -1,6 \cdot 10^{-19}$ – элементарный заряд электрона.

Так как нахождение параметров R_p и R_s является трудоемким и не всегда необходимым процессом, выражение для вольтамперной характеристики (ВАХ) часто упрощают, оставляя в нем только параметры, известные из паспортных данных:

- напряжение холостого хода U_{OC} ;
- ток короткого замыкания I_{SC} ;
- оптимальное напряжение U_m ;
- оптимальный ток I_m .

Значения U_m и I_m соответствуют координатам точки максимума мощности на ВАХ (I_m ; U_m); U_{OC} – точке пересечения с осью абсцисс (0 ; U_{OC});

I_{SC} – точке пересечения с осью ординат ($I_{SC}; 0$). С учетом $I_{ph} = I_{SC}$, можно перейти к выражению для ВАХ в виде [1, 3]:

$$I = I_{SC} [1 - C_1 \cdot \{\exp (U / (C_2 \cdot U_{OC})) - 1\}], \quad (3)$$

где $C_1 = [I_{SC} - I_m] / [I_{SC} \cdot \{\exp (U_m / (C_2 \cdot U_{OC})) - 1\}]$;

$C_2 = [U_m / U_{OC} - 1] / [\ln (1 - (I_m / I_{SC}))]$.

При высоких интенсивностях излучения, попадающего на фотопреобразователи, (3) может давать большие погрешности, поэтому в этом случае можно использовать следующее выражение [1]:

$$I = I_{SC} [1 - C_3 \cdot \{\exp (C_4 \cdot U^m) - 1\}], \quad (4)$$

где $C_3 = 0,01175$ – экспериментальный коэффициент, обеспечивающий наименьшее расхождение с ВАХ реального фотопреобразователя;

$m = [\ln (C_5 / C_6)] / [\ln (U_m / U_{OC})]$;

$C_4 = C_6 / U_{OC}^m$;

$C_5 = \ln \{ [I_{SC}(C_3 + 1) - I_m] / [I_{SC} C_3] \}$;

$C_6 = \ln [(C_3 + 1) / C_3] = 4,456$.

Промоделируем ВАХ реального солнечного модуля Delta SM 100-12 P с паспортными данными, сведенными в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики Delta SM 100-12 P

Параметр	Значение
Оптимальное рабочее напряжение U_m , В	18,57
Оптимальный рабочий ток I_m , А	5,39
Ток короткого замыкания I_{SC} , А	5,72
Напряжение холостого хода U_{OC} , В	22,29
Температура стандартных условий измерения T , К	298,15±2

Результаты построения ВАХ по моделям (3) и (4) представлены на рис. 2 сплошной (—) $I_1(U)$ и пунктирной (---) $I_2(U)$ линиями соответственно.

Обе модели показывают схожие зависимости $I(U)$, но так как $I_1(U)$ (3) имеет более простую запись, воспользуемся ею для нахождения неизвестных параметров модели (2). Результаты сведем в табл. 2.

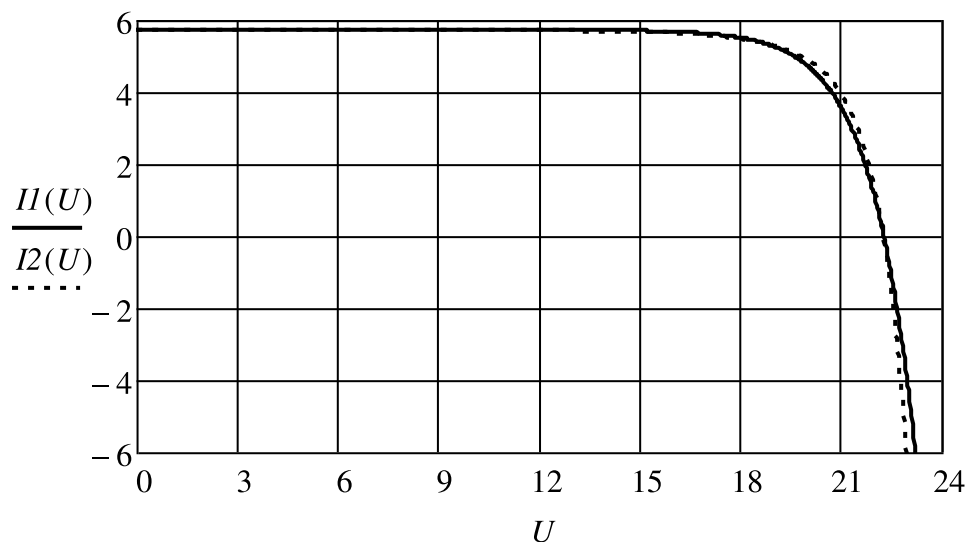


Рис. 2. ВАХ для моделей (3) и (4)

Таблица 2

Нахождение параметров модели (2) для Delta SM 100-12 P

Параметр	Расчетная формула	Значение
Ток насыщения (обратный ток) I_0 , мкА	$I_0 = C_1 \cdot I_{SC}$	0,2158
Фототок I_{ph} , А	$I_{ph} = I_{SC}$	5,72
Последовательное сопротивление R_S , Ом ($\Delta U_d, \Delta I_d$ – изменения напряжения и тока на прямом участке ВАХ)	$R_S = \Delta U_d / \Delta I_d $	0,252
Шунтирующее сопротивление R_P , Ом ($\Delta U_b, \Delta I_b$ – изменение напряжения и тока на обратном участке ВАХ)	$R_P = \Delta U_b / \Delta I_b $	0,21

Таким образом, в работе рассмотрены особенности моделирования полупроводниковых фотопреобразователей на примере однодиодной модели с сосредоточенными параметрами, чья популярность обусловлена достаточной простотой и точностью.

Помимо моделей, рассмотренных в работе, существуют двухдиодные модели и модели с распределенными параметрами.

Двухдиодные модели дают бóльшую точность в нестандартных условиях работы, например, при температурах, сильно отличающихся от $T = 298,15 \pm 2$ К, при которой снимаются паспортные данные. Некоторые параметры таких моделей рассчитываются с помощью методов итерации, что сильно усложняет работу с ними.

Модели с распределенными параметрами применяются, в основном, для определения параметров контактов, но мало подходят для анализа фотопреобразователей в реальных условиях работы, когда интенсивность излучения, температура и степень затененности могут изменяться в достаточно больших пределах.

Модели (3) и (4) в нормальных условиях работы дают схожие результаты, позволяющие оценить параметры реального солнечного модуля и спрогнозировать его работу в зависимости от подключенного к нему потребителя по полученной нагрузочной ВАХ. Модель (3) предпочтительно использовать при малой интенсивности излучения, а модель (4) – при большой. Модели также позволяют определить сосредоточенные параметры схемы замещения для перехода к модели (2).

Библиографический список

1. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей / пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.
2. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент / пер. с англ.; под ред. М. М. Колтуна. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
3. Левшов А. В., Фёдоров А. Ю., Молодиченко А. В. Математическое моделирование фотоэлектрических солнечных элементов. // Наукові Праці Донецького Національного Технічного Університету. Серія: Електротехніка І Енергетика. 2011. - № 11 (186). - С. 85-88.

УДК 621.311.24

А.С. Архина,
Д.А. Соболева
МГУ им. М. В. Ломоносова

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Дальний Восток является перспективным направлением для развития возобновляемых источников энергии благодаря своим климатическим и географическим характеристикам. Например, Приморский край является одним из самых солнечных регионов России, поскольку в течение года наблюдается в среднем около 310 солнечных дней [1]. С точки зрения ветроэнергетики регионы Дальнего Востока являются также крайне эффективными благодаря тому, что среднегодовая скорость ветра в прибрежных районах составляет $6\div 7$ м/с [2], в то время как в Дании, стране, которая производит при помощи ветрогенераторов 48 % всей электроэнергии [3], данный показатель колеблется на уровне $4,9\div 5,6$ м/с. Ключевой особенностью Дальнего Востока являются большие расстояния не только между регионами, но и между городами и посёлками, что привело к отсутствию там Единой энергетической системы, как в Европейской части страны или Сибири. Соответственно, использование возобновляемых источников энергии в изолированных районах было бы эффективным, поскольку позволило бы сократить потребление завозного топлива.

Энергия ветра – одна из самых эффективных альтернатив традиционным источникам энергии. Одно из важных преимуществ ветроэнергетики – это отсутствие необходимости использования полезных ископаемых. Это снижает общие затраты на эксплуатацию ветряных электростанций по сравнению с традиционными источниками энергии. Также важно отметить, что эксплуатация ветряных турбин становится дешевле год от года, что делает энергию ветра одной из самых дешевых. Более того, ветер является неисчерпаемым источником энергии, поэтому при использовании данных

технологий риск остаться без энергии когда-либо сильно снижается. Однако самым главным достоинством ветряных турбин является их экологичность. С их помощью можно добывать энергию без производства опасных выбросов. Кроме того, из-за того, что для работы турбин не нужно использовать полезные ископаемые, ущерб окружающей среде не будет наноситься при их транспортировке и добыче.

Россия в целом имеет внушительный потенциал для развития энергии ветра. По разным оценкам, развитие данного потенциала может принести от 8 до 36 ТВт энергии [4]. Однако сегодня развитие ветроэнергетики сталкивается как с финансовыми препятствиями (малый объем инвестиций в отрасль, макроэкономическая ситуация в стране) и регуляторными препятствиями (недостаточной разработанностью нормативной базы), так и с проблемами с подключением к сети. Важно также заметить, что наделённость России полезными ископаемыми не делает возобновляемые источники энергии неконкурентоспособными с экономической точки зрения. Использование энергии ветра и воды экономически эффективнее использования традиционных источников [5].

Тем не менее, у ветра, как источника энергии, есть и отрицательные стороны, поскольку ветряные турбины все же могут нанести вред природе. От них могут пострадать птицы и летучие мыши, а шум может негативно повлиять на подземных животных. Однако стоит помнить, что небоскребы также являются причинами гибели птиц, и использование ветряной энергии все же менее способствует гибели животных, чем нефтяные пятна и смог. Другими недостатками ветряной энергии являются высокий уровень шума от турбин и их влияние на эстетическое восприятие пейзажа, но эти проблемы легко решаются правильным выбором места расположения ветряков. Самым важным недостатком энергии ветра является ее непредсказуемость. В отличие от довольно предсказуемых, хотя и ограниченных объемов добычи

угля и газа, направление и сила ветра является непредсказуемой и рассчитать точный размер произведенной с помощью ветра энергии может быть трудно.

Первая ветроэнергетическая установка (мощностью 450 кВт) на Сахалине была реализована в селе Новиково с численностью населения около 500 человек [6]. Ветряк позволяет ежегодно экономить до 230 т дизельного топлива, замещая тем самым порядка 43 % выработки. Данный кейс, на наш взгляд, является успешным примером использования ветроэнергетики в удалённых и малонаселённых районах.

Важно отметить, что стоимость производства электроэнергии от ВЭУ в течение последних 5 лет неуклонно уменьшается. Не стоит также забывать и об экологической целесообразности использования ВЭИ, ведь, к примеру, ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 т CO₂, 9 т SO₂, 4 т NO_x [7].

Библиографический список

1. Число ясных, облачных и пасмурных дней [Электронный ресурс] // Справочно-информационный портал «Погода и климат». URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/31960.htm> (дата обращения: 01.12.2019).
2. Скорость ветра [Электронный ресурс] // Справочно-информационный портал «Погода и климат». URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/31960.htm> (дата обращения: 01.12.2019).
3. REN21. 2019. Renewables 2019 Global Status Report - Paris: REN21 Secretariat, 2019. – 336 p.
4. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика / В.В. Елистратов. – 3-е изд., доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – 424 с.
5. Marchenko, Oleg & Solomin, S. (2014). Economic efficiency of renewable energy sources in autonomous energy systems in Russia // International Journal of Renewable Energy Research. № 4. – P. 548-554.

6. Беляков Р.С. Современное состояние и перспективы развития энергетических объектов на Дальнем Востоке // Вестник МФЮА. – 2017. – № 3. – С. 191-197.

7. Wind Energy and Wildlife: The Three C's – American Wind Energy Association, 2007 [Электронный ресурс] URL: <https://web.archive.org/web/20060131235116/http://www.awea.org/pubs/factsheets/050629-ThreeC'sFactSheet.pdf> (дата обращения: 01.12.2019).

УДК 577.23

С.Н. Шеламков,
И.В. Антонов
ВШТЭ СПбГУПТД**БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

Биодизельное топливо, или биодизель – это жидкое моторное биотопливо, представляющие собой метиловый эфир ($C_{13}H_{24}$). Жидкость от золотистого до темно-коричневого цвета без резкого запаха. Точка воспламенения более 130 °С. Удельная теплота сгорания около 37,27 МДж/кг. Плотность 0,88 г/см³. Смешивается с нефтяным дизельным топливом во всех соотношениях.

Сырьём для производства являются различные растительные и отработанные масла, а также животные жиры. Механизм получения биодизельного топлива заключается в проведении реакции переэтерификации жирных кислот с метанолом в присутствии щелочного или кислотного катализатора. В итоге процесса получается биодизель и побочное вещество - глицерин [1].

Биодизельное топливо имеет ряд положительных качеств, которые делают это топливо достойной заменой дизельному. Использование биодизельного топлива или дизельного с добавлением биодизеля значительно улучшит состояние окружающей среды по некоторым причинам:

- сгорает практически без токсичных веществ. Количество копоти уменьшается на 50 %. 98 % пролитого биодизельного топлива разлагается микроорганизмами за три-четыре недели;
- количество выделяемого углекислого газа равно количеству углекислого газа, которое поглотило переработанное растение за свою жизнь;
- при попадании в воду не причиняет вреда животным и растениям.

Биодизельное топливо обладает более высоким цетановым числом: для минерального дизтоплива $42 \div 45$, а для биодизеля – не меньше 51. Также биодизель обладает наилучшими смазочными характеристиками [1, 2].

Всё вышперечисленное делает биодизель одним из самых эффективных альтернативных видов топлива. Но у него есть и недостатки, которые значительно влияют на масштабы использования этого вида топлива. Например, существует проблема малого срока годности, связанная с жизнедеятельностью в топливе микроорганизмов. В средних широтах биодизель хранится до $3 \div 4$ месяцев, в южных – вдвое меньше, а в северных срок увеличивается в $2 \div 4$ раза. Из этих данных следует, что биодизельное топливо нужно хранить при пониженных температурах. Это увеличит срок хранения в среднем в $2 \div 3$ раза. Также можно использовать различные присадки к топливу, которые вводят их изготовлении или в течение первых недель хранения топлива. Так, биоциды и биостаты уничтожают или ингибируют рост грибков и бактерий.

Ещё один недостаток - обеднение земельных ресурсов из-за постоянного использования для выращивания топливных культур. Использование удобрений и соблюдение правильного графика засева территорий с периодами «релаксации» земли позволят решить проблему.

Биодизельное топливо агрессивно воздействует на резиновые элементы оборудования и лакокрасочное покрытие. Своевременная замена и использование качественного моторного масла значительно снижает негативные последствия для двигателя от использования биодизеля, а единственным способом защиты от воздействий на лакокрасочное покрытие является незамедлительная и качественная мойка для удаления следов биодизеля с покрытия.

Проблема отложения кристаллов воска при низких температурах является одной из самых трудно решаемых. В данное время самым

эффективным способом борьбы с этой проблемой остаётся добавление нефтяного дизеля в количестве 5÷10 %.

Биодизельное топливо является перспективным альтернативным видом топлива, нашедшим применение в множестве стран. Устранение недостатков данного топлива приведёт его к большей популяризации на мировом рынке. Это биотопливо, у которого есть перспектива массового использования в различных областях [3].

Библиографический список

1. Биодизельное топливо [Электронный ресурс] // Википедия. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel#Applications> (дата обращения 29.11.19).
2. Что такое биодизель и почему его не хотят производить в России? [Электронный ресурс] // Аргументы и факты. URL: <https://aif.ru/dontknows/eternal/1092569> (дата обращения 29.11.19).
3. Биодизель: особенности биотоплива [Электронный ресурс] // Авторазборка. URL: <https://avtorazborka77.ru/kuzov/biodizel-osobennosti-biotopliva.html> (дата обращения 29.11.19).

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Васильева Е.А.</i> О конференции	3
<i>Полетаев Д.А., Соколенко Б.В., КФУ им. В.И. Вернадского.</i> Применение альтернативных источников энергии в системе электрического привода сельскохозяйственных машин	5
<i>Акманова М.С., Чуркин И.С., СПГУ.</i> Модульный источник энергоснабжения	9
<i>Сенченко В.А., Яковлев П.В., СПГУ.</i> Способ комбинированного использования альтернативных источников энергии	14
<i>Федоткина А.Н., Чуркин И.С., СПГУ.</i> Методика использования низкопотенциального геотермального тепла для подогрева нефтепровода ..	19
<i>Клещина П.М., Чуркин И.С., СПГУ.</i> Применение солнечных коллекторов для систем отопления ..	24
<i>Ильина А.А., Васильева Е.А., ВШТЭ СПбГУПТД.</i> Биоэтанол – топливо будущего	28
<i>Володина Я.А., Волкодаева М.В., СПГУ.</i> Экологические последствия развития солнечной энергетики	33
<i>Жаркина Т.И., Антонов И.В., ВШТЭ СПбГУПТД.</i> Экологические проблемы при использовании альтернативных источников энергии	36
<i>Цимбал В.Д., Гладышев Н.Н., ВШТЭ СПбГУПТД.</i> Применение тепловых насосов в области ЖКХ	40
<i>Воронин М.В., Мамаджанов П.Ш., Шевелёв М.А., Горлатов Д.В., СПбГАСУ.</i> Особенности моделирования полупроводниковых фотопреобразователей	44
<i>Архина А.С., Соболева Д.А., МГУ им. М.В. Ломоносова.</i> Перспективы развития ветроэнергетики на Дальнем Востоке	49
<i>Шеламков С.Н., Антонов И.В., ВШТЭ СПбГУПТД.</i> Биодизельное топливо. Проблемы и перспективы	53