

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2019, №2, Том 6 / 2019, No 2, Vol 6 <https://t-s.today/issue-2-2019.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/11SATS219.pdf>

DOI: 10.15862/11SATS219 (<http://dx.doi.org/10.15862/11SATS219>)

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Пермяков М.Б., Ильин А.Н., Иванченко Т.А., Иванченко А.Е., Копейкин Н.В. Польза и практическое применение солнечных батарей в строительстве автодорог // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №2, <https://t-s.today/PDF/11SATS219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

DOI: 10.15862/11SATS219

**For citation:**

Permyakov M.B., Ilyin A.N., Ivanchenko T.A., Ivanchenko A.E., Kopeikin N.V. (2019). Advantage and practical use of solar panels in road construction. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(6). Available at: <https://t-s.today/PDF/11SATS219.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/11SATS219

**УДК 625.7-621.311**

**Пермяков Михаил Борисович**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия  
Институт строительства, архитектуры и искусства  
Заведующий кафедры «Строительное производство»  
Доктор PhD, доцент, кандидат технических наук  
E-mail: permyakov.1965@mail.ru

**Ильин Александр Николаевич**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия  
Институт строительства, архитектуры и искусства  
Доцент кафедры «Строительное производство»  
Кандидат технических наук  
E-mail: sasa-ilin@yandex.ru

**Иванченко Татьяна Андреевна**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия  
Институт гуманитарного образования  
Магистрант кафедры «Строительное производство»  
E-mail: nekronka@bk.ru

**Иванченко Александр Евгеньевич**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия  
Институт гуманитарного образования  
Магистрант кафедры «Педагогического образования и документообедения»  
E-mail: Korvin\_66@mail.ru

**Копейкин Николай Владимирович**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия  
Институт гуманитарного образования  
Магистрант кафедры «Строительное производство»  
E-mail: kopeikinnikolai@mail.ru

**Польза и практическое применение  
солнечных батарей в строительстве автодорог**

**Аннотация.** В данной статье особое внимание уделяется обыкновенным, привычным нам сооружениям и тому, какую еще пользу за исключением использования по прямому

назначению могут они принести. Одной из актуальнейших проблем современного мира является неумеренное расходование невозобновимых или трудновозобновимых природных ресурсов. Ключевым элементом, необходимым для работы транспорта – является бензин, добываемый из нефти, являющейся трудновозобновимым природным ресурсом, на данный момент темпы расходования нефти существенно превышают темпы ее возникновения в естественной среде. Помимо этого, люди для получения энергии, используемой в повседневной жизни, используют атомные электростанции, для производства различных вещей, необходимых для жизни, а иногда и просто повышения комфорта, строится множество заводов и фабрик. Все это очень негативно сказывается на окружающей среде, и очистить ее после такого загрязнения – очень трудная задача. Таким образом, в использовании нынешних источников энергии мы выделяем 2 существенных минуса – истощаемость и трудновозобновимость ключевых компонентов, необходимых для получения энергии и негативное влияние на окружающий мир. Многие государства пришли к выводу, что намного рациональнее будет разработать новый подход к получению энергии, опирающийся на использование неисчерпаемых и экологически чистых природных элементов. Главным примером такого подхода является использование солнечной энергии путем ее конвертирования в электричество при помощи солнечных батарей. В этой статье мы рассмотрим солнечные батареи и их использование в строительстве дорог как способ получения энергии и решения экологических проблем.

**Ключевые слова:** дорожное покрытие; автодорога; солнечные батареи; природные ресурсы; солнечная энергия; электричество; окружающая среда; экология

Современное развитие дорог движется большими темпами. На данном этапе развития дорожных настилов мы используем асфальт – смесь минеральных материалов, таких как гравий и песок и дорожных битумов [1]. Этот материал отлично подходит для покрытия дорог из-за множества преимуществ: быстро высыхает и твердеет, набирает прочность, легко поддается ремонту, способен прогибаться, хорошо держит разметку дороги, обладает жесткостью сцепления колес. Так же один из плюсов асфальтобетона то, что можно открывать движение по дороге практически сразу, в отличие от цементобетонного покрытия, который использовался раньше, ему требовалось 28 дней [2]. Асфальт широко используется в современном мире, но полезно ли это для экологии, какие последствия несут за собой строительство этих дорог. Многие экологи неоднократно задумывались над этой проблемой и предлагали различные виды извлечения пользы от дорожных покрытий в пользу экологического равновесия нашей окружающей среды. Из предложенных решений по облагораживанию автомобильных дорог – строительство дорог из солнечных батарей получило большое одобрение публики, но также и получила критику в свой адрес [3]. Многие считают идею продвинутой, экологически полезной и движущей науку вперед в развитии полезных дорог и использовании солнечной энергии, а также движение людей к экологически чистому транспорту, такому как электромобиль [4]. Вопрос актуальности "Солнечных дорог" имеет много пунктов, но большая их часть все же так или иначе связана с экологией. Самым очевидным является то, что такая технология позволит ускорить переход от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания к экологически более безопасным электромобилям, которые смогут заряжаться от батарей на дороге, вырабатывающей электроэнергию. Сам же этот переход окажет позитивное влияние на экологию, ведь выхлопы транспорта очень вредны, что особенно критично для больших городов, где из-за большого скопления автомобилей население имеет различного рода проблемы с легкими [5]. Транспорт – это глобальная экологическая проблема, решением которой занимаются множество строителей, инженеров и ученых. Во многом решить эту проблему современного общества поможет использование неисчерпаемых экологически чистых источников энергии. Сегодняшняя наука позволяет нам добыть энергию солнца, и наша

задача использовать ее рационально. В будущем человечество должно перейти на экологически чистую энергию для того, чтобы обезопасить себя от опасных и вредных выбросов, а также улучшить качество жизни и продвинуть вперед науку в этой области [6].

Помимо разработки дорог из солнечных батарей используется покрытие крыш. Оно более эффективно, но дороги компенсируют это большей площадью. Так как дороги занимают значительное пространство в отличие от крыш [7].

Таким образом, после некоторой доработки этой технологии она вполне может стать полноценным источником энергии. У солнечных дорог есть преимущество перед обычными электростанциями – батареи смогут снабжать энергией близлежащие дома, что избавляет нас от необходимости транспортировки энергии от станции до места назначения, следовательно, потери энергии минимальны.

Также в случае непредвиденных чрезвычайных ситуаций масштабы последствий будут меньшими, чем в случае с электростанциями – когда ломается электростанция – без энергии остаются целые районы и даже города. В случае же с солнечными батареями при аварии без энергии останется сравнительно небольшое количество домов. Несомненным плюсом также является то, что солнечная энергия – ресурс, который имеется у человечества в избытке, в отличие от нефти и газа, которые в скором времени могут закончиться [8].

Солнце за 10 минут снабжает Землю энергией, превышающей всю производимую человечеством энергию за целый год.

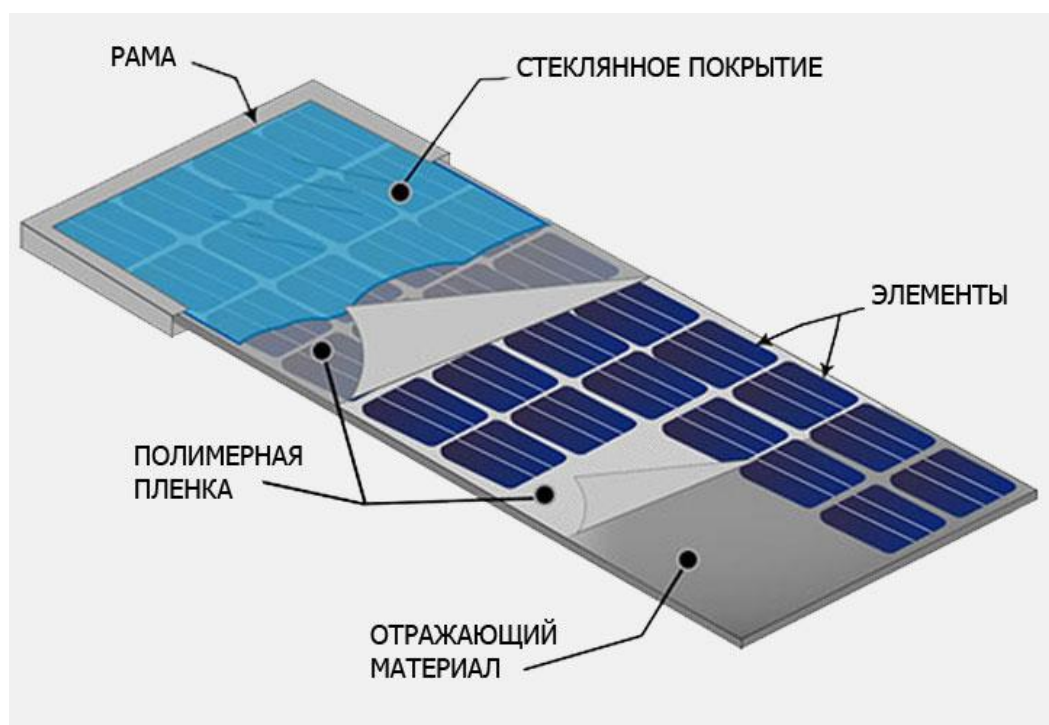
Таким образом, при оптимизации технологии солнечных батарей, человечество сможет получить колоссальные объёмы энергии без различных экономических проблем.



*Рисунок 1. Дорога из солнечных батарей (<http://www.qwrt.ru/news/20>)*

Рассмотрим солнечные батареи немного подробнее. Солнечная батарея состоит из нескольких солнечных преобразователей, представляющих из себя полупроводники. Они напрямую преобразуют солнечную энергию в электрический ток. Несколько таких элементов,

объединенные в одно устройство, и являют собой солнечную батарею. Более детально можно ознакомиться с устройством солнечной батареи на рисунке 2 [9].



*Рисунок 2. Устройство солнечной батареи*

<https://eko.house/solnechnye-paneli/1073-solnechnaya-panel-altek-alm-150m.html>

Повышение температуры плохо сказывается на работе солнечных батарей, снижая их мощность. Поэтому при установке батарей на плоские поверхности, необходимо оставлять свободное пространство со всех сторон от батареи для циркуляции воздуха и отвода тепла. Также для меньшей чувствительности к перепадам температур при изготовлении пластин используются различные примеси, вроде бора, меди, мышьяка, кадмия и т. д.

Снег двояко влияет на работу солнечных батарей. Негативное влияние в том, что он может забиваться в пространство между батареей и поверхностью, к которой она крепится, необходимое для вентиляции. Положительное же влияние в том, что батарея поглощает свет со всех сторон, значит она поглощает отраженный снегом свет своей тыльной стороной, что приводит к приросту производительности. Угол наклона очень важен для эффективной работы солнечных батарей. Оптимальный угол зависит от местности и варьируется от 15 до 90 градусов. Как правило, этот угол приближен к широте местности. Летом из этого значения вычитается 15 градусов, а зимой, напротив, прибавляется 15 [10].

Поскольку на дорогах не всегда есть возможность установки батарей под углом, их эффективность будет несколько ниже, чем у батарей на крышах домов. С другой стороны, как мы уже упоминали в этой статье ранее, это может быть компенсировано большей площадью, ведь дороги занимают очень много пространства, поэтому при установке батарей на эти огромные площади будет выработано достаточно большое количество энергии.

Само это явление называется фотовольтаический эффект. Его открыл в 1839 году французский ученый Эдмон Беккерель. В 19 веке эта область знаний была популярна для изучения у ученых, ею занимались очень многие. В 1888 году Александром Столетовым, ученым – физиком из России, были сформулированы основные законы преобразования света в электричество, а также была разработана первая «солнечная ячейка» (тот самый полупроводник – преобразователь) [11].

В 1954 году были созданы первые солнечные ячейки на основе кремния. В 1963 была создана первая солнечная панель, а в 1958 году был запущен спутник, использующий солнечные батареи.

Активное изучение солнечных батарей продолжалось, подхлестываемое энергетическими и экологическими глобальными проблемами, все это время ученые усиленно искали способ оптимального использования батарей. К нашему времени работы существенно продвинулись и из некой диковинки солнечные батареи стали достаточно обыденной вещью. В наше время спектр их использования весьма широк – от бытовых нужд простых людей до глобальных предприятий [12].

Вот несколько областей, в которых применяются солнечные батареи:

- В аккумуляторах переносных маленьких устройств по типу телефонов, калькуляторов и т. д.
- В автомобилях.
- В самолетах (на стадии разработки).
- Подпитка энергией зданий (как правило размещаются на крышах домов).
- В космических аппаратах.
- В медицине – небольшие батареи вживляются под кожу. целью этого является подпитка имплантата – кардиостимулятора.
- При строительстве дорог – собственно, основная тема статьи.

Далее мы немного расскажем достоинствах и недостатках солнечных батарей.

Плюсы:

- Нерасходуемость. Батареи требуют только установки, никакого топлива им не требуется.
- Автоматическая регуляция. Солнечные батареи не требуют включения и выключения. Электричество запасается в специальных аккумуляторах, и потому энергия доступна и днем, и ночью.
- Бесшумность.
- Длительный срок службы (не менее 20 лет). После 20 лет снижается мощность и количество перерабатываемой энергии примерно на 70–80 %. Поскольку в батареях нет сложных механизмов и движущихся деталей, поломки и износа можно не бояться.
- Постоянство. Солнечный свет – надежный источник энергии. Батарея будет вырабатывать электроэнергию каждый день до захода солнца, даже при пасмурной погоде (хоть тогда энергии и будет меньше).
- Общедоступность – солнце есть практически везде, и его свет бесплатный, в отличие от того же дизельного топлива.

Разумеется, эта система не идеальна и имеет также свои недостатки:

- Необходимость достаточной интенсивности света. Батареи будут вырабатывать энергию в любом случае, но эффективнее размещать их там, где света больше – в незатененных местах, и желательно на южной стороне.

- В зимнее время эффективность батарей снижается.
- Требуют достаточно большой площади для установки.
- Достаточно высокая цена.

Цена на солнечные батареи действительно очень высокая, но, по моему мнению, эта цена оправдываемая, так же следует учесть, что с развитием и внедрением таких покрытий цена на них будет уменьшаться, а технологии в этой области развиваться. Совершенствование такой глобальной и актуальной области нуждается в финансировании для того, чтобы в будущем мы получили максимальную отдачу от вложений на проект по переходу на экологически чистые источники энергии. Пользу такого проекта на данном этапе можно рассчитать только примерно и в среднем, так как исследуемый нами проект находится на стадии тестирования.

Сравним два вида дорог:

1. Дорожное покрытие из асфальтобетона.
2. Дорожное покрытие из солнечных батарей.

Асфальтобетон. В среднем на заложение 1 километра дороги на 7 метров из асфальтобетона уходит до 25 миллионов рублей. Ремонтные работы проводятся в основном каждые 4 года. Что в итоге составляет около 125 миллионов рублей на обслуживание дороги более 20 лет [13].

Солнечные батареи. Теперь рассмотрим дороги из солнечных батарей. Стоимость 1-ого квадратного метра такой дороги варьируется до 125 000 рублей, срок службы такой дороги более 20 лет. Следовательно, 1 км на 7 метров обойдется в среднем в 875 миллион рублей, что в 7 раз превышает стоимость асфальтобетонных дорог. Но также следует учесть, что такая дорога сможет производить 700 кВт\*ч. Такое количество энергии достаточно, чтобы обеспечить светом все улицы поселка с населением от 10 000 человек в течение года и электроэнергией электромобилей этого поселка [14]. Также положительной стороной такой дороги является её быстрое и легкое ремонтирование – замена необходимой батареи может занять не более одного дня, когда на починку асфальтобетонного участка дороги уходит больше недели.

Сравнив затраты, мы видим большую разницу ценовую разницу, что вызывает сомнение в целесообразности данного строительства, но это, по моему мнению, выгодный вклад в инновационное и экологически чистое будущее. Так как исследуемые дороги решают множество экологических проблем в сфере автотранспорта:

1. Переход на экологически чистые виды транспорта;
2. Безопасная добыча энергии для человека;
3. Прекращение использования исчерываемых источников энергии;
4. Понижение шума от автотранспорта (электромобили тихий транспорт).

Решение этих проблем в отдельности так же получает финансирование. Следовательно, реализация проекта по строительству дорог из солнечных батарей затрачивает значительную сумму на её создание, но при этом в её функции входит обеспечение улиц светом, заправка электромобилей энергией и решение экологических проблем, на которое тоже выделяют отдельное финансирование [15].

Рассмотрим виды солнечных батарей:

- На основе монокристаллического кремния. Это самый часто встречающийся вид батарей. Для их производства кремний должен быть очищен, расплавлен и кристаллизован в

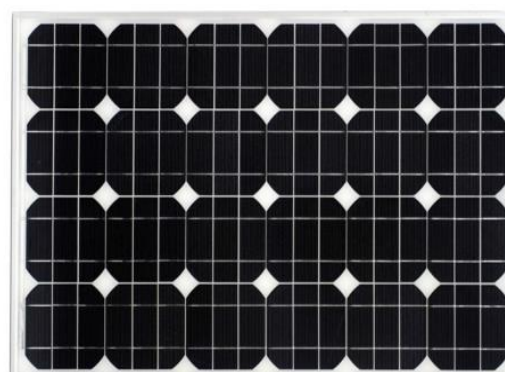
слитки, которые потом будут нарезаны слоями. Внешне имеют вид ровной поверхности темно – синего, иногда черного цвета. Этот тип эффективен на 19 %. Срок службы таких батарей около 40 лет, хоть их эффективность и немного падает со временем. Таким образом можно назвать этот тип самым надежным.

- На основе поликристаллического кремния. Это практически то же самое, что и монокристаллические, но кремний в них обычно более дешевый в силу наличия большего количества примесей. Также внешне выглядит немного иначе – видны границы множества кристаллов. Эффективность таких батарей около 15 %.

### поликристаллический модуль



### монокристаллический модуль



*Рисунок 3. Моно и поликристаллические батареи*  
(<http://inventory.ru/voprosy-i-otvety-po-solnechnym-batarejam/>)

- Батареи, использующие ленточный кремний похожи на предыдущие типы, с той разницей что вместо нарезки кремния он просто наращивается тонкими лентами. Из-за антибликового покрытия переливаются всеми цветами радуги.

- С использованием аморфного кремния. Суть этого метода в том, что кремний напыляется на какой-либо материал (металл, стекло, пластик) вместо нарезки. Такой метод малоэффективен из-за очень быстрого выгорания напыленных слоев кремния на свету, и, следовательно, значительному падению эффективности, которая и сама по себе значительно уступает предыдущим способам и составляет 9 %.

- Также есть пленочные батареи. Чаще всего они изготавливаются по аналогии с батареями из аморфного кремния, но могут использоваться и другие материалы. Их преимущество в том, что создаваемые батареи более гибки, и, благодаря этому, удобны в транспортировке (что, впрочем, так же повышает риск износа и поломки). Правда целесообразно использовать их для зарядки портативных устройств и подобных целей. Целый дом таким образом обеспечить энергией не выйдет из-за маленькой эффективности. Срок службы также уступает первым двум способам из списка, составляя всего 10 лет.

- Батареи, использующие теллурид кадмия. Роль проводящего элемента в этом способе является оксид олова. Этот тип эффективен на 11 %, но опасен из-за токсичности используемого в нем кадмия [16].

Наиболее популярный вариант размещения солнечных батарей на сегодняшний день – на крышах домов. Но это не единственный способ. В деревне Турувр-о-Перш во Франции панелями из солнечных батарей вымостили участок дороги длиной в километр. На данный

момент проводятся тестирования этой дороги. Ожидается, что дорога сможет выработать энергию, достаточную для подпитки уличных осветительных приборов во всем поселении. Сама дорога разработана таким образом, чтобы выдерживать даже самые тяжелые виды транспорта вроде грузовиков. Это достигнуто благодаря уникальной композитной структуре покрытия. Сами панели сделаны из кремния и покрыты смолой. Разработчики уверяют, что дорога способна выдержать интенсивное движения любого вида транспорта [17].



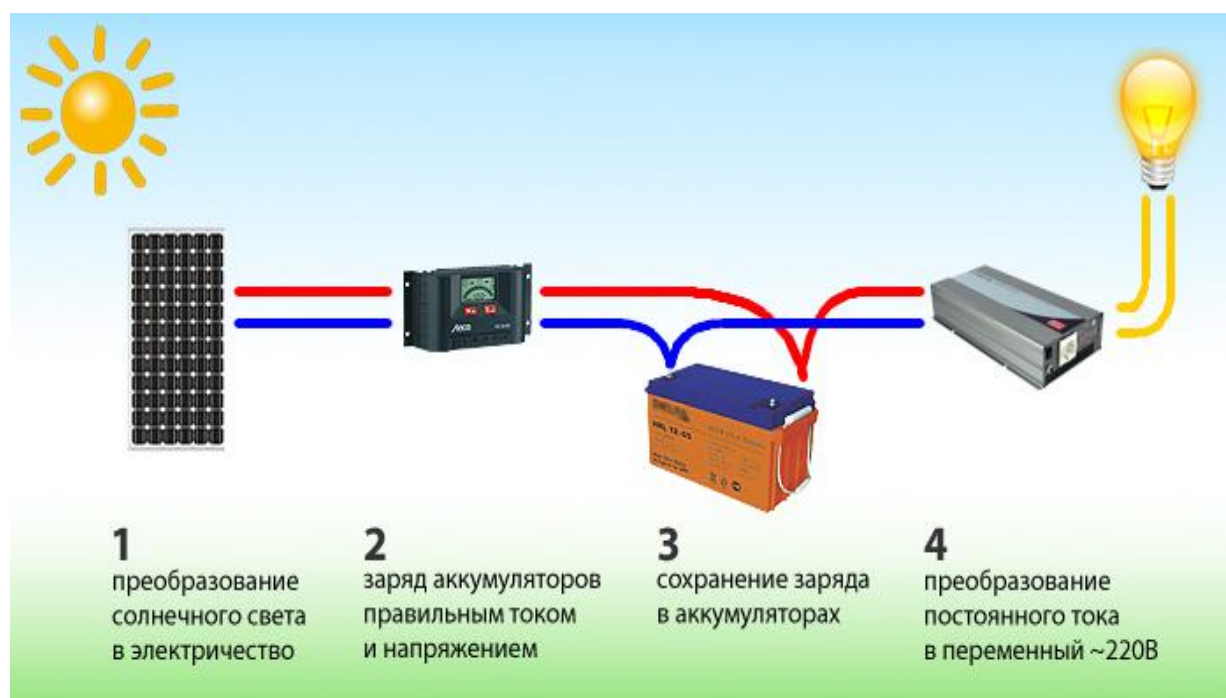
**Рисунок 4.** Солнечная дорога в Турувр-о-Пери  
(<http://www.yesilodak.com/icerik/340/Artik-Yollar-Da-Gunes-Enerjisi-uretiyor!>)

Солнце вырабатывает колоссальные объемы энергии – приблизительно по 1380 Ватт на квадратный метр. Учитывая некоторые погрешности, такие как атмосфера, до земли дойдет чуть более тысячи. При условном КПД солнечного элемента в 16 % мы в итоге получим около 160 Ватт электричества. Правда стоит отметить, что эти цифры все еще не учитывают многие факторы, такие как погода и ее географические особенности – разная длительность светлого времени суток, например. Да и угол падения солнечных лучей играет роль для вырабатывания энергии [18].

Стоимость же такой энергии на данный момент очень высока, хотя и зависит от типа работы с энергией. Далее мы рассмотрим некоторые из таких методов немного подробнее.

Одним из предполагаемых методов использования солнечной энергии является строительство солнечных электростанций. Они представляют собой большое поле с солнечным коллектором посередине и огромным количеством подвижных зеркал вокруг него.

Механизм действия следующий – зеркала перенаправляют солнечный свет в сторону шпиля – коллектора, а уже в нем энергия солнца преобразуется в электроэнергию либо по принципу тепловой машины Стирлинга – периодический нагрев и охлаждение газа или жидкости, помещенных в замкнутое пространство. Энергия получается за счет изменения объема рабочего тела при этих манипуляциях. Либо посредством нагревания воды с последующим использованием паровых турбин наподобие тех, что используются в теплоэлектростанциях. Данная система имеет КПД около 30 % [19].



**Рисунок 5.** Схема солнечной электростанции  
(<http://poluchi-teplo.ru/soln/shema-podklyucheniya-solnechnyih-paneley.html>)

Далее рассмотрим стоимость постройки подобной станции. В качестве примера возьмем станцию Ivanpah, построенную в Калифорнии в пустыне Мохаве в 2014 году. Ее постройка стоила порядка двух миллиардов долларов. Годовая выработка электроэнергии в этой станции составляет 1080 Гвт\*ч. Если разделить на количество часов в году (помня о том, что энергия генерируется только днем), среднегодовая мощность составит 120 Мвт.

Таким образом, стоимость строительства составит около 17 800 долларов за Квт, что является очень высокой ценой. Для сравнения, атомные электростанции стоят около 3000 долларов за Квт мощности, а газовые электростанции – 1000, то есть практически в 18 раз дешевле. Также проблемой является то, что вышеуказанная стоимость приведена без учета стоимости аккумуляторов. Закупка аккумуляторов либо строительство гидроаккумулирующей электростанции существенно добавят расходов.

Следующий метод – фотовольтаика, уже упомянутая в этой статье. К уже сказанному стоит добавить о возможности увеличения эффективности. Это достигается путем использования комбинации из нескольких разных фотоэлементов, основанных на разных полупроводниках, каждый из которых хорошо поглощает определенную часть светового спектра. Эффективность таких элементов превышает 40 %, но, к сожалению, они слишком дороги. Обычные кремниевые батареи доступнее и популярнее [18].

Один из самых серьезных недостатков солнечных батарей заключается в том, что наибольшее количество вырабатываемой энергии приходится на дневное время, в то время как наибольшая потребность в этой энергии, как правило, приходится на вечер.

Этот недостаток нивелируется использованием аккумуляторов, позволяющих накопить энергию в дневное время, когда она в избытке, чтобы ночью использовать ее.

Есть правда и еще один интересный вариант – если будет построено достаточное количество электростанций, то для поставки энергии в ночное время могут быть использованы станции, которые находятся там, где сейчас день. Энергию они будут передавать через линии электропередачи. Данный вариант реален, но энергию придется передавать на достаточно

большие расстояния, определенная часть будет теряться при передаче, более того, этот способ достаточно затратный и требующий согласования с множеством стран.

Рассмотрим аккумуляторы, как самое очевидное решение проблемы с ночным выработыванием энергии солнечными батареями. Но у аккумуляторов тоже есть свои минусы. Возьмем самую дешевую кремниевую 1-ваттную солнечную батарею. Она стоит около 0,5 \$. Предположим, что за день на нее приходится в среднем 8 солнечных часов, соответственно, она накопит 8 Вт\*ч. Перед нами стоит задача сохранить часть этой энергии для темного времени суток, когда солнце перестанет подпитывать батарею. Для этого мы и используем аккумулятор. Возьмем в качестве примера обычный литиевый аккумулятор. Его цена – около 0.5 \$ за Вт\*ч.

Следовательно, для сохранения накопленных 8 Вт\*ч нам нужно будет затратить около 4 \$ на аккумуляторы. Выходит, аккумуляторы обходятся в 8 раз дороже, чем сама батарея. Также проблема в том, что аккумуляторы изнашиваются, и через промежуток времени около 8 лет их придется заменить.

Можно взять более дешевые аккумуляторы на свинце, они существенно дешевле (в районе 0,1 \$ за Вт\*ч). Их недостаток в том, что они вредят экологии, тем самым устраняя один из важных плюсов солнечных батарей как способа получения энергии – экологическую чистоту, а также часть энергии теряется при заряде – разряде.

Собственно, дороговизна хранения энергии путем использования аккумуляторов – одна из основных проблем солнечных батарей [20].

Вывод: на данном этапе развития человечества экология занимает очень важный аспект человеческого комфорта, от экологии зависит наше здоровье, самочувствие и настроение. Экология терпит проблемы не только в загрязнении почвы, воздуха и воды. Также экологическими проблемами становится нехватка энергетических ресурсов, загрязнение среды при добыче этих ресурсов, повышенный шум в черте города и другое. Прогресс не стоит на месте и нам открываются различные возможности, которые во многом могут решить проблемы. В данном случае, можно заметить комплекс решения проблем: строительство дороги из солнечных батарей приводит к популярности электромобилей, отход от прежней грязной добычи энергии, получение большего количества экологически чистого воздуха, шум от автодороги значительно уменьшится. Таким образом, мы видим, что у солнечных дорог есть свои плюсы и минусы. Однако стоит отметить, что минусы во многом продиктованы техническими причинами, и, учитывая, что ученые активно работают над этой проблемой, мы можем рассчитывать на их устранение в скором будущем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рвачева Э.М. Поверхностная обработка дорожных покрытий / Э.М. Рвачева, Б.С. Марышев // Дорожная техника, 2004. С. 160–165.
2. Чванов, А.В. Автомобильные дороги за рубежом / С.В. Карпеев, А.В. Чванов, А.В. Кочетков и др. // М.: Федеральное дорожное агентство, Статистический сборник. 2008. – 185 с.
3. Зоколей С.В. Солнечная энергия и строительство: Пер. с англ. / Под ред. Ю.Н. Малевского. М.: Стройиздат, 1979.
4. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.
5. Курашов В.И. Экология и эсхатология // Вопросы философии, 1995, № 3.

6. Энергетика и транспорт. 1976. № 2. С. 108–112.
7. Применение солнечной энергии / Д. Мак-Вейг; Перевод с англ. Г.А. Гухман, С.И. Смирнова. – М.: Энергоиздат, 1981. – 212 с.: ил.; 20 см.
8. Бринкворт Б.Дж. Солнечная энергия для человека: Пер. с англ. / Под ред. Б.В. Таришневского. М.: Мир, 1976.
9. Roux M., Reulet R., Bernard J. et al. Electron and omni directional proton, irradiations of AlGaAs-GaAs solar cells // Conf. rec. 17th IEEE Photovolt. spec. conf. New York: IEEE, 1984. P. 167–172 (ЭИ ППЭ. 1986. № 33).
10. Лидоренко Н.С, Набиулин Ф.Х., Тарнижевский В.В. Конструкции солнечных энергетических установок с фотоэлектрическими преобразователями // Гелиотехника. 1966. № 2. С. 20–24.
11. Cobble M.H., Lumasdaire E., Hull W.C, Wabrek R.M. Cassegrain solar concentrators for photovoltaic // 2nd E.C. Photovoltaic, sol. energy conf. Dordrecht, 1979. P. 1011–1020.
12. Ашарин Л.Н. Надежность солнечных батарей // Электротехника. 1967. №8. С. 25–32.
13. Хусу, А.П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Р. Виттенберг, В.А. Пальмов. М.: Наука. 1975. – 344 с.
14. Stievenard D., Bourgoin J.C. Degradation, and recovery of GaAs solar cells under electron irradiation // 17th IEEE Photovolt. spec. conf. New York: IEEE, 1984. P. 1103–1107.
15. Розин В.М. Понятие и современные концепции техники. М.: ИФРАН, 2006.
16. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л.: Наука, 1989. – 310 с.
17. Официальный сайт «Bloomberg» – Solar-Panel Roads to Be Built on Four Continents Next Year – <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-11-24/solar-panel-roads-to-be-built-across-four-continents-next-year> (Дата обращения 12.04.2017).
18. Young L.E. Solar array technology for solar electric propulsion missions // AIAA Pap. N 79-2086. New York, 1979. 5 p. (ЭИ АРД. 1981 №. 7).
19. O'Neill M.J. The 25 kW Fresnel lens photovoltaic concentrator application experiment at Dallas-Fort Worth airport // 14th IEEE Photovolt. spec, conf. New York: IEEE, 1980. P. 125–130.
20. S. Salivahanan, A. Vallavaraj, C. Gnanapriya, Digital signal processing. McGraw-Hill, 2000, 805 с.

**Permyakov Mikhail Borisovich**

Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia  
Institute of construction, architecture and art  
E-mail: permyakov.1965@mail.ru

**Ilyin Alexander Nikolaevich**

Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia  
Institute of construction, architecture and art  
E-mail: sasa-ilin@yandex.ru

**Ivanchenko Tatyana Andreevna**

Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia  
Institute of arts education  
E-mail: nekronka@bk.ru

**Ivanchenko Alexander Evgenyevich**

Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia  
Institute of arts education  
E-mail: Korvin\_66@mail.ru

**Kopeikin Nikolai Vladimirovich**

Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia  
Institute of arts education  
E-mail: kopeikinnikolai@mail.ru

## **Advantage and practical use of solar panels in road construction**

**Abstract.** This article focuses on ordinary, familiar to us structures and what other benefits, except for their intended use, they can bring. One of the most pressing problems of the modern world is the excessive use of non-renewable or hardly renewable natural resources. The key element necessary for the operation of transport is gasoline extracted from oil, which is a hardly renewable natural resource, at the moment the rate of consumption of oil significantly exceeds the rate of its occurrence in the natural environment. In addition, people use atomic power stations to produce energy used in everyday life, many plants and factories are built to produce various things necessary for life, and sometimes just to increase comfort. All this has a very negative impact on the environment, and to clean it after such pollution is a very difficult task. In this way, in the use of current energy sources, we distinguish 2 significant flaws – the exhaustion and difficulty of renewal of the key components necessary for obtaining energy and the negative impact on the world around us. Many states came to the conclusion that it would be much more rational to develop a new approach to energy production, based on the use of inexhaustible and environmentally friendly natural elements. The main example of this approach is the use of solar energy by converting it into electricity using solar panels. In this article, we will look at solar panels and their use in road construction as a way to generate energy and solve environmental problems.

**Keywords:** road surface; road; solar panels; natural resources; solar energy; electricity; environment; ecology

## REFERENCES

1. Rvacheva Eh.M., Maryshev B.S. (2004). Surface treatment of pavements. *Road machinery*, pp. 160–165.
2. Karpeev S.V., Chvanov A.V., Kochetkov A.V. and etc. (2008). Avtomobil'nye dorogi za rubezhm. [*Highways abroad.*] Moscow: Federal Road Agency, p. 185.
3. (1979). *Solar energy and construction*. [Russ. ed.: Solnechnaya ehnergiya i stroitel'stvo. Authorized transl. by S.V. Zokoley; Ed. by Yu.N. Malevskogo. Moscow: Stroyizdat].
4. Sil'yanov V.V. (1984). Transportno-ehkspluatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog. [*Transport performance of highways.*] Moscow: Transport, p. 287.
5. Kurashov V.I. (1995). Ecology and eschatology. *Questions of philosophy*, 3 (in Russian).
6. (1976). *Energy and transport*, 2, pp. 108–112 (in Russian).
7. Mak-Veyg D. (1981). *Solar power application*. [Russ. ed.: Primenenie solnechnoy ehnergii. Authorized transl. by G.A. Gukhman, S.I. Smirnova. Moscow: Energoizdat, p. 212].
8. (1976). *Solar energy for man*. [Russ. ed.: Solnechnaya ehnergiya dlya cheloveka. Authorized transl. by B.Dzh. Brinkvort; Ed. by B.V. Tariizhevskogo. Moscow: World].
9. Roux M., Reulet R., Bernard J. and etc. (1984). *Electron and omni directional proton, irradiations of AlGaAs-GaAs solar cells*. New York: IEEE, pp. 167–172.
10. Lidorenko N.S., Nabiulin F.X., Tarnizhevskiy V.V. (1966). Constructions of solar power plants with photoelectric converters. *Solar technology*, 2, pp. 20–24 (in Russian).
11. Cobble M.H., Lumasdaie E., Hull W.C, Wabrek R.M. (1979). *Cassegrain solar concentrators for photovoltaic*. pp. 1011–1020.
12. Asharin L.N. (1967). Reliability of solar cells. *Electrical Engineering*, 8, pp. 25–32 (in Russian).
13. Khusu A.P., Vittenberg R., Pal'mov V.A. (1975). Sherokhovatost' poverkhnostey (teoretiko-veroyatnostnyy podkhod). [*Surface Roughness (Probability Theoretic Approach).*] Moscow: The science, p. 344.
14. Stievenard D., Bourgoin J.C. (1984). *Degradation, and recovery of GaAs solar cells under electron irradiation*. New York: IEEE, pp. 1103–1107.
15. Rozin V.M. (2006). Ponyatie i sovremennye kontseptsii tekhniki. [*Concept and modern concepts of technology.*] Moscow: Institute of Philosophy of the Russian Academy of Sciences.
16. Andreev V.M., Grilikhes V.A., Rumyantsev V.D. (1989). Fotoehlektricheskoe preobrazovanie kontsentrirrovannogo solnechnogo izlucheniya. [*Photoelectric conversion of concentrated solar radiation.*] Leningrad: Science, p. 310.
17. Bloomberg. (n.d.). *Solar-Panel Roads to Be Built on Four Continents Next Year*. [online] Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-11-24/solar-panel-roads-to-be-built-across-four-continents-next-year> [Accessed 12.04.2017].
18. Young L.E. (1979). *Solar array technology for solar electric propulsion missions*. New York, p. 5.
19. O'Neill M.J. (1980). *The 25 kW Fresnel lens photovoltaic concentrator application experiment at Dallas-Fort Worth airport*. New York: IEEE, pp. 125–130.
20. Salivahanan S., Vallavaraj A., Gnanapriya C. (2000). Digital signal processing. *McGraw-Hill*, p. 805.