

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 2 / 2023, Vol. 15, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/73SAVN223.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Устеряков, В. А. Возобновляемые источники энергии в дорожном строительстве / В. А. Устеряков, Д. А. Мысовских, И. Г. Овчинников // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/73SAVN223.pdf>

For citation:

Usteryakov V.A., Mysovskikh D.A., Ovchinnikov I.G. Renewable energy sources in road construction. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(2): 73SAVN223. Available at: <https://esj.today/PDF/73SAVN223.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

Устеряков Владимир Андреевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
E-mail: usteryakov.vowa@yandex.ru

Мысовских Даниил Александрович

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Аспирант 2-го курса
E-mail: mysovskikh@gmail.com

Овчинников Игорь Георгиевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Профессор кафедры «Транспортное строительство»
ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
Профессор кафедры «Автомобильные дороги и мосты»
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доктор технических наук
E-mail: bridgesar@mail.ru

Возобновляемые источники энергии в дорожном строительстве

Аннотация. В данной работе освящена тема использования природных ресурсов в дорожном строительстве, которое активно развивается как с точки зрения масштабов, так и с точки зрения применения различных инноваций. Добыча некоторых природных ресурсов, например, угля и нефти, благодаря которому у нас есть различные энергии, позволяющие нам полноценную прогрессивную жизнь, очень негативно сказывается на природе. Данный факт негативно влияет на здоровье планеты, поэтому экологи трудятся над теорией возобновляемых источников энергии. Отрасль дорожного строительства не является исключением. Самый популярный способ получения энергии в данной сфере — солнечные панели. Они используются в больших масштабах, так как уже активно введены в отрасль автомобильного производства, электронику, авиацию и строительство домов. Правильное введение данной технологии в транспортную инфраструктуру обеспечит огромный вклад в экологию. В данной статье рассмотрен опыт внедрения солнечных панелей, гидрогенераторов, ветрогенераторов и пьезогенераторов в дорожном строительстве, приведён сравнительный теоретический анализ консервативного строительства и инновационного. Строительство с применением инновационных высокотехнологичных и экологических подходов дарит «путевку» в светлое будущее для нас и нашей планеты, чем больше мы заботимся о природных ресурсах, тем прогрессивнее решения в техническом аспекте строений и сопутствующих технологий для работы над ними. Инновационные методы требуют финансовых вложений на первоначальных

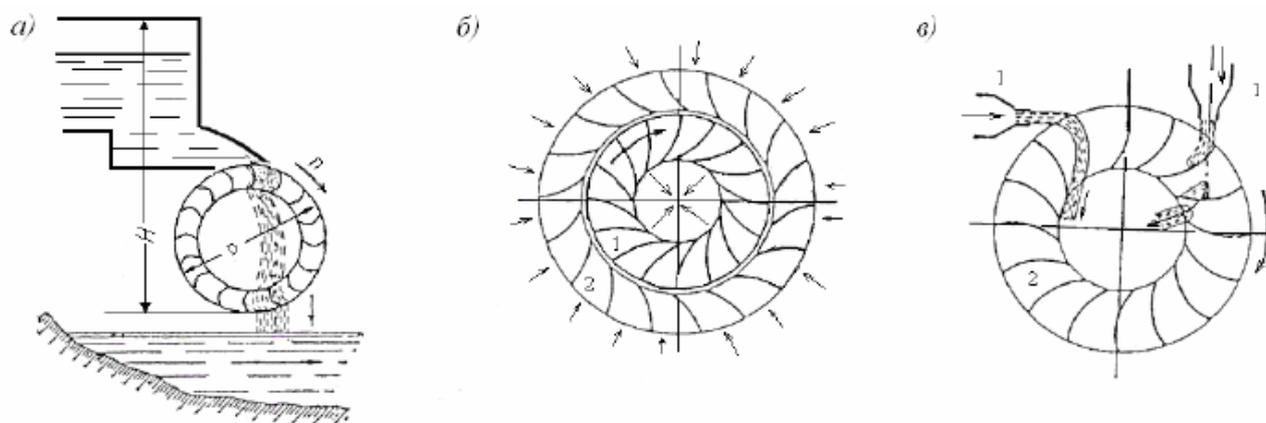
этапах разработки и строительстве, но в большинстве случаев полностью окупают себя в будущем, благодаря своей «продуктивности» за счет природных ресурсов.

Ключевые слова: солнечные панели; дорожное строительство; строительство; возобновляемая энергия; энергия; солнечная энергия; ветрогенератор; гидрогенератор; пьезогенератор; инновации

Какие источники энергии использует человек чаще всего? Уголь, природный газ, нефть, а атомная энергия, но всё это и возобновляемые источники, которые рано или поздно закончатся. Актуальность статьи заключается в том, что в настоящее время остро и часто поднимается тема сохранения экологии и рационального использования ресурсов Земли. Учеными сделаны смелые заявления, что через 10 лет использование ископаемых должно резко сократиться почти наполовину. Так как тема экологии является приоритетной сейчас не только в отрасли строительства, но и в целом в любой сфере жизнедеятельности человека. Выход России из экономических кризисов более интенсивно, также может обеспечить развитие альтернативных способов добычи энергии из трех элементов: вода, воздух, солнечный свет.

Одни специалисты уверены, что человек сможет отказаться от ископаемого топлива, когда оно закончится, другие считают, что это невозможно. Откуда же мы будем получать энергию в будущем? Большую часть энергии мы получаем из природных ископаемых, но есть и другой способ для ее выработки можно использовать постоянно происходящие в окружающей среде процессы, растительное сырье или органические отходы. Такую энергию называют возобновляемой. Набирают обороты в распространении и применении ветрогенераторы, солнечные станции, гидроэлектростанции, работающие на энергии водной стихии [1].

Работа гидроэлектростанций основывается на преобразовании в электроэнергию падающей воды и имеют несколько преимуществ, перед остальными способами трансформации природных ресурсов в энергию. Гидроэлектростанции имеют КПД значительно выше, чем солнечные станции и ветрогенераторы. Также себестоимость электростанций, основывающихся на ГЭС в пять раз ниже стандартных тепловых, так как средства на транспортировку топлива сводятся к нулю.



1 — рабочее колесо; 2 — направляющий аппарат

Рисунок 1. Принцип действия водяного колеса и гидротурбин:

а — наливное колесо; б — реактивная гидротурбина; в — активная гидротурбина [1]

Солнечные батареи преобразуют энергию света в электрическую. Каждая батарея состоит из ячеек фотоэлементов, которые разделены на два слоя с избытком и недостатком электронов. Кванты света заставляют электроны передвигаться из одного слоя в другой,

движение электронов создает постоянный электрический ток. В наше время активно совершенствуются солнечные батареи: коэффициент полезного действия стандартной кремниевой панели не превышает 22 %, но применением многослойных ячеек увеличивает КПД до 47 % [2]. Уже сегодня специалисты добились, чтобы электрические панели стали дешевле и надёжнее в эксплуатации.

Что влияет на распространение альтернативных электростанций? Пока в мире переход на возобновляемые источники энергии осуществляется не сбалансированно: большая часть энергии тратится на выработку тепла, а доля возобновляемых ресурсов в этой сфере крайне мало. Развитие и рост производства не успевает за строительством электростанций. Например, в Китае, когда новые ветроэлектростанции долго не подключали к сети и они простаивали, теряя при этом актуальность и вложенное в проект финансирование. Получение энергии из солнца или ветра можно только в определённое время, поэтому для них требуются накопители¹. Ёмкие, экономичные и с большим числом циклов перезаряда. Оптимального решения пока не найдено основным фактором для перехода на возобновляемые источники энергии должно стать политическое решение конкретных стран. В настоящее время, во многих странах по-прежнему сильны интересы нефтегазовой промышленности, для инвесторов убыточно закрывать традиционные электростанции, в которые были вложены средства и которые смогут обеспечивать людей ещё несколько десятков лет.

Транспортная инфраструктура занимает огромную часть суши. Ко второй половине XXI века по прогнозам она будет занимать больше, чем половину территории, населённой людьми. Дорожное полотно находится в постоянной модернизации своего основного функционала. Но мало кто на практике применяет технологию обеспечения транспортной инфраструктуры самостоятельно выработанной энергией.

Наиболее популярными в настоящий момент считаются гидрогенераторы. Они активно используются в мостостроении. Обычно гидрогенераторы располагаются около опор под водой: они объединены в единый металлический каркас, к которому присоединены два водозаборника. Один из них входной до спуска конструкции под воду, второй — выходной после монтажа конструкции на ростверк². Гидрогенераторы обеспечивают «питание» моста и являются хорошей заменой консервативным конструкциям.

Новаторским решением в области «возобновляемой энергии» являются пьезоэлектрические генераторы, которые осуществляют свою деятельность при помощи пьезоэлектрического эффекта. Данное физическое явление работает за счёт возникновения электрических зарядов на поверхности вещества при его механической деформации. Пьезогенераторы набирают популярность в сфере дорожного покрытия за счёт малой рабочей поверхности, то есть не ограничивают пространство для движения транспорта и пешехода. Функция «встраиваемости» в дорожное полотно обеспечивает безопасность и эффективность. Простым языком: «тратим столько — сколько воздействуем». Например, в Японии в метрополитене на станции Marunouchi установлен пьезоэлектрический пол — используется давление от ходьбы пассажиров для выработки электроэнергии, которой достаточно для питания турникетов. Минусом данной технологии является то, что мощность пьезогенераторов по отдельности мала, поэтому приходится использовать их в больших количествах, этот факт делает данную технологию дорогой и экономически неэффективной для массового внедрения.

¹ Российская ассоциация ветроиндустрии. — URL: <https://rawi.ru/2022/05/energiya-vetra-pomozhet-avtodoru-osvetit-uchastok-trassyi-don/> (дата обращения 02.04.2023).

² Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. — URL: www.sstu.ru/news/direkt-or-inets-prinyala-uchastie-v-obsuzhdenii-stroitelstva-novogo-mosta.html (дата обращения 02.04.2023).



Рисунок 2. Устройство простейшего пьезоэлектрического генератора, с гребенчатыми металлическими контактами [2]

В США Китая и Нидерландах уже применяется проект по созданию «солнечных дорог». В Нидерландах 2014 году появилась велосипедная дорожка, состоящая из солнечных панелей, установленных на бетонную плиту. Солнечная панель вырабатывала электричество и солнечный свет. Данную инновацию предложила голландская компания «SolaRoad» [3].



Рисунок 3. Устройство велосипедной дорожки, состоящей из солнечных панелей³



Рисунок 4. Дорога с интегрируемыми солнечными панелями⁴

³ ТЕHNE. Solar Roadways — дорожное полотно с солнечными батареями и светодиодами. — URL: <https://tehne.com/node/1959> (дата обращения 08.04.2023).

⁴ SolaRoad. — URL: <https://www.solaroad.nl/> (дата обращения 09.04.2023).

Франция в 2016 году заложили подобную дорогу для проезда велосипедного транспорта длиной около 1000 м. Её конструкция состояла из бетона, который обеспечивал опору и несущую способность, а верхнее покрытие состояло из закалённого стекла⁵. Инженеры планировали, что такой тип дороги станет прорывом в области возобновляемых источников энергии, но они не учли важный факт смены сезонов: осадки и падающие листья стали препятствием для выработки нужного количества энергии. Таким образом данный проект сочли неудачным и «отправили на полку» [4].

Сейчас в данной области наиболее успешным проектом является Solar Roadways. Его суть состоит в том, что адаптированные солнечные панели, в которых встроен микропроцессор способны управлять встроенными датчиками температуры и освещённости⁶. Данное дорожное покрытие имеет функции заряда электромобилей, оттаивания и высушивания осадков с помощью нагревательных элементов [5]. Таким образом, дорога всегда остается сухой и чистой. Результатом данного проекта стала возможность создать дорогу с функцией самостоятельного освещения, чёткой демонстрации разметки и дорожных знаков. В ходе теоретического исследования было произведено сравнение асфальтобетонного дорожного покрытия и дорожного покрытия по технологии Solar Roadways⁷.

Хоть дорожное покрытие по данной технологии ещё не внедрено массово, учёные делают всё для того, чтобы облегчить производство данной инновации и запустить ее более масштабно, для этого необходимо удешевить его установку. Поскольку сейчас сумма полной замены всех дорог в США по данной технологии является баснословной.

Ветроэнергетика отрасль «альтернативной энергии», способная на преобразование ветра в электричество, осуществляемое с помощью ветрогенераторов. В Самарской области в 2021 году были установлены осветительные устройства, использующие «природную энергию» солнца и ветра на участке длиной более одного километра. Спустя год, по статистическим данным стало понятно, что энергия ветра является наиболее эффективной в данном вопросе, так как установки, работающие на солнечной генерации, приходится периодически очищать от осадков, что является явным минусом и дополнительной статьёй расхода по обслуживанию данных установок [6; 7].

Таблица 1

Сравнение асфальтобетонного дорожного покрытия и дорожного покрытия по технологии Solar Roadways

Характеристика	Асфальтобетонное дорожное покрытие	Покрытие по технологии Solar Roadways
Искажение первоначальной формы и подверженность деформациям	-	+
Экологичность	-	+
Финансовые затраты на амортизацию	-	+
Автономность в потребляемой энергии	-	+
«Умный» контроль технологического состояния	-	+
Финансовые вложения на стадии строительства	+	-

⁵ Земсков В.И. Возобновляемые источники энергии в АПК: учебное пособие / В.И. Земсков. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 368 с.

⁶ Ксенофонтов Б.С. Охрана окружающей среды: биотехнологические основы: учебное пособие. — М: «ИД ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2018. — 200 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=vnisgn> (дата обращения 06.04.2023).

⁷ Solar Roadways a Real Solution. — URL: <https://solarroadways.com/>.

Стоимость использования альтернативных источников освещения дорог приводится в руб./кВт*ч по данным «Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis». ⁸ Таким образом, эксплуатация ветра рассчитывается как 10,5 руб./кВт*ч, а солнца 24,5 руб./кВт*ч [8–10].

Следовательно, можно сделать вывод, что энергия ветра является более выгодной и практичной, как с точки зрения финансовых затрат, так и с практической. Также, данные технологии являются спасением для участков дорог с отсутствием близлежащих линий электропередач. Ветровые и солнечные установки гарантируют освещенность пешеходных переходов и сводят к минимуму количество аварий и несчастных случаев.

Сложно предсказать насколько лет нам хватит ресурсов земли, возможно, что новые технологии позволят нам обнаружить ещё неизведанные месторождения. Кроме того, технологический прогресс усилится, что повлечет рост энергоэффективности приборов.

Возобновляемые источники энергии позволяют уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу, а в ряде регионов их использование даже эффективнее угля или нефти. Считают, что в будущем мы придём к оптимальному сочетанию различных источников энергии и её разумному потреблению. Кто знает, может быть через 50 лет, мы будем получать биотопливо из микроводорослей, заправлять автомобили водородом и управлять грозами, а солнечные панели будут покрывать все города на нашей планете.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова, А.И. Использование альтернативных источников энергии для освещения опасных участков автомобильных дорог / А.И. Павлова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 20(100).
2. Загрядцкий, В.И., Харитонов Л.Г. К вопросу Создания Автономного Энергосберегающего Источника Энергии / В.И. Загрядцкий, Л.Г. Харитонов. — Москва: Высшая школа, 2012. — С. 137.
3. Дорн Г.А., Кирилова О.В. Основы цифровых технологий реализации продукции / Г.А. Дорн, О.В. Кирилова. — Тюмень: АПК. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья. — 2019. — 152 с.
4. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Караханян А.Б. Пешеходные проектирования. Часть велосипедных мостов // Научное ведение. — 2015. — № 3.
5. Овчинников И.Г., Раткин В.В., Макаров В.Н., Кисин Б.С. Деформационные швы автодорожных мостов // Волгоград. — 2003. — 124 с.
6. Головки С.В., Павленко В.А. «Солнечная дорога» — дорога будущего // Вестник Астраханского государственного технического университета. — 2019. — № 1(67). — С. 37–43.
7. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. М.: Энергоатомиздат, 1990. С. 392.
8. Т. Ланьшина. Прогноз развития ВИЭ в России до 2035 года. — URL: https://www.iep.ru/PDF/Nauchniy_vestnik.ru/9-2019/40-47.pdf (дата обращения 07.04.2023).

⁸ Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis. — URL: www.lazard.com/ (дата обращения 07.04.2023).

9. Некрасова И.Ю., Романов А.Д. Оценка эколого-экономической безопасности в дорожном строительстве // Водные ресурсы — основа глобальных и региональных проектов обустройства России, Сибири и Арктики в XXI веке. науч.-практич. конф. 19–20 марта 2021 г. Тюмень: ТИУ, 2021. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45088618> (дата обращения 07.04.2023).
10. Современные пешеходные и велосипедные мосты (основные концепции проектирования и примеры): монография / И.И. Овчинников, А.Б. Караханян, И.Г. Овчинников, Ю.П. Скачков. — Пенза: Изд-во ПГУАС, 2018. — 140 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37209555> (дата обращения 07.04.2023).

Usteryakov Vladimir Andreevich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: usteryakov.vowa@yandex.ru

Mysovskikh Daniil Alexandrovich

Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, Russia
E-mail: mysovskikh@gmail.com

Ovchinnikov Igor Georgievich

Saratov State Technical University named after Yu.A. Gagarin, Saratov, Russia
Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: bridgesar@mail.ru

Renewable energy sources in road construction

Abstract. This paper highlights the topic of the use of natural resources in road construction, which is actively developing both in terms of scale and in terms of the application of various innovations. The extraction of some natural resources, for example, coal and oil, thanks to which we have various energies that allow us a full-fledged progressive life, has a very negative impact on nature. This fact negatively affects the health of the planet, so environmentalists are working on the theory of renewable energy sources. The road construction industry is no exception. The most popular way to obtain energy in this area is solar panels. They are used on a large scale, as they have already been actively introduced into the automotive industry, electronics, aviation and home construction. The correct introduction of this technology into the transport infrastructure will provide a huge contribution to the environment. This article discusses the experience of the introduction of solar panels, hydro generators, wind turbines.

Keywords: solar panels; road construction; construction; renewable energy; energy; solar energy; wind generator; hydro generator; piezo generator; innovation