

DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-37-43
УДК 620.97

«СОЛНЕЧНАЯ ДОРОГА» – ДОРОГА БУДУЩЕГО

С. В. Головки, В. А. Павленко

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Рассмотрен вопрос внедрения энергосберегающих технологий в дорожном строительстве, в частности установка солнечных панелей взамен асфальтового покрытия. Проанализированы основные преимущества использования солнечных панелей в строительстве дорог, а также функции такого дорожного покрытия: освещение в ночное время суток; источник энергии (подзарядка) для электромобилей, набирающих в Европе особую популярность; использование коммуникационного слоя такого покрытия в качестве канала высокоскоростного интернета и мобильной связи; непосредственно дорожное полотно, которое полностью заменит современный асфальт. Проезжая часть, оборудованная такими панелями, представляет собой сеть из отдельных ячеек, каждая из которых управляется центральным компьютером, что позволяет оперативно осуществить замену любой панели в случае повреждения или порчи. Представлен обзор проектов «умных дорог», разработанных инженерами разных стран. Рассмотренные инновационные решения в сфере дорожного строительства позволят приблизить состояние дорог многих развивающихся активными темпами городов к необходимому экологическому уровню, а также решить проблему зимней скользкости дорожного покрытия. Недостатком проектов по внедрению дорог на основе солнечных батарей на первых порах будет высокая стоимость изготовления.

Ключевые слова: солнечные батареи, автомобильные дороги, дорожное покрытие, солнечные панели, дорожное строительство, «умные дороги».

Для цитирования: Головки С. В., Павленко В. А «Солнечная дорога» – дорога будущего // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 1(67). С. 37–43. DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-37-43.

Введение

В связи с истощением природных ресурсов значительная часть различных сфер производства стремится перейти на применение возобновляемых источников энергии. Особое место среди таких источников занимает солнечная энергия, т. к. именно солнечные батареи, для которых характерны высокая экологичность и простота в обслуживании, являются максимально приемлемыми для массового использования.

Масштабное внедрение и использование новейших энергоэффективных технологий являются отличительными особенностями современной развитой экономики любой страны. Актуальность использования таких технологий в Российской Федерации затрагивает множество сфер деятельности, в том числе и транспортную. Поэтому внедрение солнечных панелей не обошло вниманием и сферу строительства автомобильных дорог, т. к. именно они являются одним из главных потенциальных источников экологических рисков, которые негативно влияют на нормальные условия жизни человека. Инженеры и другие специалисты в области дорожного строительства при создании проекта и в дальнейшем строительстве любого крупного объекта инфраструктуры в транспортной сфере вынуждены особое внимание уделять экологическим вопросам.

Автодорога как инженерное сооружение существенно изменяет природные ландшафты, режим стока поверхностных и грунтовых вод, места обитания флоры и фауны, приводит к изменению микроклимата отдельных территорий, появлению оползней, эрозии земель, изменению береговых линий водных объектов, а также является источником шума, вибрации, электромагнитного и ионизирующего воздействия на компоненты окружающей среды, население и животный мир [1]. Транспортный комплекс является крупнейшим источником загрязнения токсичными веществами воды, почвы и воздуха [2]. В связи с этим необходимо реализовывать мероприятия и проекты по созданию долговечного, экологически чистого, простого в обслуживании и бюджетного в использовании дорожного покрытия.

Использование солнечных батарей в строительстве автомобильных дорог

Актуальной задачей для многих энергосберегающих компаний по всему миру стал поиск альтернативных решений по использованию огромных территорий, занятых автомобильными дорогами. Внедрение в дорожное полотно солнечных элементов будет способствовать полному переходу дорожной инфраструктуры с внешнего питания электроэнергией на самообеспечение. Излишки электроэнергии, полученные от «солнечных» автомобильных дорог, будут направлены в различные сферы жизнедеятельности, что позволит улучшить экологическую обстановку в связи с отказом (полным или частичным) от других способов получения электроэнергии. Солнечные панели все чаще используются в повседневной жизни. Однако одной из главных проблем использования солнечных панелей в строительстве автомобильных дорог остается непрочность (хрупкость) солнечных элементов. В связи с этим электрические компании предлагают различные решения, основанные на научно-технических разработках.

В средствах массовой информации все чаще можно встретить предложения о создании «умной дороги». Термин «умная дорога» включает в себя множество составляющих:

- новейшее дорожное покрытие с включением солнечных батарей;
- зарядка автомобилей электроэнергией;
- освещение в темное время суток;
- информирование водителя в процессе вождения по такой дороге;
- обозначение специальными предупредительными светодиодными знаками;
- возможность прокладывания вдоль дороги «коридоров» для кабельных элементов и резервуаров для сбора воды.

Изначально в дорожном строительстве солнечные батареи стали использовать в Нидерландах в 2014 г. Именно здесь появилась первая в мире велосипедная дорожка из солнечных панелей. В ходе строительных работ был открыт 70-метровый участок дороги, являющейся частью проекта SolaRoad по созданию энергопроизводящих дорог общего пользования (рис. 1) [3].



Рис. 1. Первая в мире солнечная велодорожка

В 2016 г. Сеголен Руаяль, министр экологии и энергетики Франции, заявила, что правительство в ближайшие пять лет планирует проложить не менее 1 000 км дорог с покрытием из фотоэлектрических панелей, которые будут снабжать энергией миллионы людей [4]. Предполагалось, что один километр такой дороги будет способствовать удовлетворению электроэнергетических потребностей около пяти тысяч человек в течение года (без учета отопления).

Зимой 2017 г. французским правительством в деревне Tourouvre-au-Perche была открыта дорога с покрытием из солнечных батарей. В настоящее время функционирует только первый километр трассы. Километровый участок дороги оборудован 2880-ю солнечными панелями, которые обеспечили уличные фонари электроэнергией. Для обеспечения функционирования прозрачной и в то же время прочной оболочки фотоэлементов используется несколько пластиковых слоев, выдерживающих максимальную нагрузку.

Вопросы по масштабному внедрению энергоэффективных технологий в дорожном строительстве обсуждались на различных конференциях и симпозиумах, актуальная идея заинтересовала правительства многих государств, в том числе и Российской Федерации. В связи с этим в январе 2017 г. в пресс-службе Федерального дорожного агентства (Росавтодор) заявили, что в Российской Федерации протестируют дорожное покрытие с солнечными батареями, которое позволит аккумулировать электроэнергию. В настоящее время выполняются научно-исследовательские работы по разработке методических рекомендаций для обеспечения автомобильных дорог альтернативными источниками электрической энергии. Использование солнечных панелей в дорожном строительстве взамен асфальтного покрытия стало бы целесообразным в отдельных районах нашей страны с большим количеством солнечных дней в году.

Эта природная особенность использована в достаточно интересном проекте применения потенциала солнечных батарей, предложенном южноамериканскими инженерами. Согласно проекту данный новаторский вид дорожного покрытия будет использовать адаптированные солнечные батареи взамен асфальта. Называется это дорожное покрытие Solar Roadways [5] (рис. 2).



Рис. 2. «Солнечная» дорога Solar Roadways [6]

Дорожные солнечные батареи в виде пчелиных сот размещаются на особом железобетонном каркасе. Поверхность плит изготовлена из сверхпрочного светопроводящего стекла [5]. Уникальность конструкции состоит в том, что такое покрытие выдерживает нагрузку до 100 т и состоит из трех слоев:

- 1 слой – специальное сверхпрочное стекло;
- 2 слой – электрический (микропроцессоры, нагревательные составляющие для освобождения от снега, солнечные панели, led-подсветка);
- 3 слой – базовый, т. е. коммуникационный, через который будет поступать электроэнергия.

Разработчики проекта Solar Roadways утверждают, что последний слой может стать проводником не только электроэнергии, но и Интернета, мобильной связи.

Поддержание определенного температурного режима любого дорожного покрытия в разные времена года – один из важнейших факторов в обеспечении его оптимальной эксплуатационной способности. Особенности проекта «солнечной дороги»:

- 1) в зимний период происходит нагрев дорожного покрытия, что предотвращает образование гололеда;
- 2) в весенне-осенний период (выпадение большого количества осадков) – уменьшение времени высыхания;
- 3) летний (жаркий) период – охлаждение дорожного покрытия ниже температуры размягчения, что будет препятствовать его деформации.

В зимний период отказ от использования реагентов, в том числе соли, продлит срок службы транспортных средств и будет способствовать ликвидации вредного влияния на экологическую обстановку в целом. Чем меньше будут температурные колебания в дорожном полотне, тем меньше будет число его повреждений, вызванных замерзанием, т. е. срок службы дорожного покрытия увеличится.

Применение солнечных батарей в дорожном строительстве решает и вопрос ликвидации зимней скользкости. Снижение коэффициента продольного и поперечного сцепления до минимальных значений из-за образования гололедных явлений зачастую приводит к большому числу дорожно-транспортных происшествий на небольших по протяженности участках дороги [7]. Из-за повышенной влажности и резких перепадов температур образуется стекловидный лед, который по условиям образования подразделяется:

- на гололедицу (образуется при замерзании влаги на покрытии в результате резкого похолодания до температур воздуха от 0 до -6 °С и относительной влажности воздуха от 65 до 85 %);
- гололед (образуется в связи с выпадением переохлажденных осадков в виде дождя, мороси, тающего снега на дорожное покрытие, имеющее отрицательную температуру);
- «черный лед» (происходит при отсутствии атмосферных осадков и образуется в результате осаждения водяного пара из воздуха на переохлажденное дорожное покрытие, образуя на его поверхности очень тонкий и прозрачный слой льда, практически не видимый из кабины транспортного средства) [8].

Все вышеперечисленные формы зимней скользкости приводят к существенному снижению коэффициента сцепления. Поэтому для обеспечения безопасности движения их необходимо своевременно выявлять, устранять или предотвращать их образование. Наиболее перспективным методом ликвидации зимней скользкости на покрытии проезжей части является использование солнечных панелей, заменяющих собой асфальтовое покрытие дороги. Нагревательные составляющие покрытия не только смогут растопить снег, но и не позволят образоваться ледяной корке на проезжей части. Вместе с этим вопросом решится и проблема коррозии днища автотранспорта, т. к. повсеместно применяемые для посыпания дорог химические препараты в разы увеличивают скорость образования коррозии металла, а с таким покрытием в них не будет надобности.

Таким образом, использование солнечных панелей в дорожном строительстве в любое время года положительно повлияет на транспортную безопасность, способствуя увеличению срока службы дорожного покрытия и транспортных средств, уменьшению финансовых затрат на мероприятия по борьбе с обледенением дорог и оказанию положительного влияния на экологическую безопасность в целом.

Наиболее актуальны такие дороги на сегодняшний день для набирающих популярность в Европе электромобилей, т. к. такие дороги будут служить для них своеобразной зарядкой.

Отдельно следует упомянуть о так называемом «интеллектуальном управлении». Так, проезжая часть ранее рассмотренного проекта дороги Solar Roadways является целой сетью отдельных ячеек, любая из которых соединена с центральным компьютером. В случае выхода из строя одной из ячеек ее координаты мгновенно передаются в контрольный центр и на замену ячейки выезжает специалист, который в течение часа производит ремонт. В сравнении с ремонтом классической дороги, процесс ремонта дороги Solar Roadways менее трудоемок, меньше затрачивается времени и средств. Открытый на западе Франции первый участок автопути, покрытие которого сделано из панелей с солнечными батареями [9], подтвердил целесообразность дальнейшей замены классической дороги на «солнечную».

По сравнению с асфальтобетонным типом покрытия автомобильных дорог солнечные батареи обладают целым рядом преимуществ, например:

- вырабатывают электрическую энергию;
- экономны при эксплуатации и ремонте;
- не деформируются при изменении температур;
- дают возможность прокладывать вдоль дороги кабельные элементы и специальные установки для сбора воды (табл.).

Сравнение асфальтобетонного типа покрытия дорог с покрытием из солнечных панелей

Преимущества	Вариант дорожного покрытия	Дорожное покрытие из солнечных панелей	Асфальтобетонный тип дорожного покрытия
Возможность вырабатывать электрическую энергию		+	–
Отсутствие деформации дорожного покрытия под действием разного температурного режима (как высокого, так и низкого)		+	–
Высокая экологичность		+	–
Экономность в эксплуатации и ремонте		+	–
Возможность установки светодиодных фонарей для разметки и дорожных знаков		+	+
Энергетическая независимость		+	–

Несмотря на достаточно большое количество преимуществ применения солнечных батарей в строительстве автомобильных дорог следует отметить и недостатки, главный из которых – высокая стоимость изготовления. Однако, по прогнозам, с 2020 г. себестоимость этой технологии станет вполне конкурентоспособной с традиционными солнечными электростанциями. Электрогенерирующие проспекты, которые смогут передавать энергию солнца в центральные электросети, могут появиться в городах уже в недалеком будущем [10]. Это позволяет надеяться, что внедрение таких «солнечных дорог» обязательно окупится, хотя и через достаточно длительный период времени.

Заключение

Современные развитые государства готовы к внедрению проектов «солнечных», «умных» дорог. Функционал дорожного покрытия «солнечной дороги» будет включать в себя:

- производство электроэнергии, которая может подаваться в близлежащие дома и здания, а также использоваться для подзарядки электромобилей;

- программируемую светодиодную разметку и предупреждающие знаки, в том числе целую систему оповещения о необходимости снизить скорость – с помощью датчиков нагрузки, которые мгновенно среагируют на возникновение препятствий на дороге (например, пешехода), что является особо актуальным в темное время суток и приведет к сокращению количества дорожно-транспортных происшествий;

- самоочищение от осадков (гололеда, снега) с помощью нагревательных элементов, встроенных в солнечные панели;

- возможность прокладывания вдоль дороги «коридоров» для кабельных элементов и резервуаров для сбора воды.

В недалеком будущем именно с помощью таких дорог мы сможем решить проблему истощаемости природных ресурсов, плохой экологической обстановки в мире. Внедрение инновационных решений, в том числе в дорожном строительстве, повысит долговечность дорожного полотна, сократит расходы на его обслуживание и увеличит транспортную безопасность на дорогах. Несмотря на высокую стоимость таких проектов, по прогнозам ученых, через 10–15 лет такие дороги будут абсолютно конкурентоспособны в сравнении с обычными асфальтными дорогами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дергунов С. А., Спирина А. Ю., Юкова К. В. Энергосберегающие технологии в дорожном строительстве // *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe*. 2017. № 12–2 (28). С. 49–52.
2. *Российский опыт внедрения экологических технологий в дорожном строительстве*. URL: <http://territoryengineering.ru/infrastrukturnayarevolutsiya/rossijskij-opyt-vnedreniyaekologicheskikh-tehnologij-v-doro-zhnom-stroitelstve/> (дата обращения: 07.11.2018).
3. *Первая в мире солнечная велодорожка построена в Нидерландах*. URL: <https://hi-news.ru/technology/pervaya-v-mire-solnechnaya-velodorozhka-postroena-v-niderlandax.html> (дата обращения: 07.11.2018).
4. *Во Франции 1000 км дорог покроют солнечными панелями*. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/694-vo-frantsii-1000-km-dorog-pokroyut-solnechnymi-panelyami-wattway.html> (дата обращения: 07.11.2018).
5. *Варламова Л. А., Готфрид А. С., Альменев О. Р.* Солнечные батареи, полностью заменяющие асфальт // *Современные направления научных исследований: материалы Междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. (Душанбе, 17 октября 2017 г.)*. Нефтекамск: Мир науки (ИП Вострецов Александр Ильич), 2017. С. 42–49.
6. *«Солнечная» дорога «Solar Roadways», самый успешный стартап на Indiegogo: меняем асфальт на солнечные батареи*. URL: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/330-solnechnaya-doroga-solar-roadways-samyj-uspeshnyj-startap-na-indiegogo-menyajem-asfalt-na-solnechnye-batarei.html> (дата обращения: 18.10.2018).

7. Гросу Р. А. Тепловые способы обогрева покрытий транспортных сооружений // Избр. докл. 61-й Университет. науч.-техн. конф. (Томск, 23–24 апреля 2015 г.). Томск: Изд-во ТГАСУ, 2015. С. 260–266.
8. Нюдъ А. С., Киряков Е. И. Существующие проблемы выявления и ликвидации зимней скользкости на автомобильных дорогах и мостовых сооружениях // Вестн. Том. гос. архитектур.-строит. ун-та. 2013. № 2. С. 354–361.
9. Во Франции построили дорогу из солнечных батарей. URL: https://life.ru/t/авто/950872/vo_frantsii_postroili_doroghu_iz_solniechnykh_batariei (дата обращения: 10.09.2018).
10. Дергунов С. А., Спирина А. Ю., Юкова К. В. Энергосберегающие технологии в дорожном строительстве // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. 2017. № 12–2 (28). С. 49–52.

Статья поступила в редакцию 23.11.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Головко Сергей Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры электрооборудования и автоматизации судов; g_s_v_2007@mail.ru.

Павленко Владимир Александрович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры электрооборудования и автоматизации судов; marya-ok@mail.ru.



“A SOLAR ROAD” - A ROAD OF THE FUTURE

S. V. Golovko, V. A. Pavlenko

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article touches upon the problem of implementing energy saving technologies in the road building, in particular, installing solar panels instead of asphalt pavement. The main advantages of using solar panels in the road building and the functions of the pavement including lighting in the dark, energy source for recharging electric cars, which are gaining popularity in Europe; using communication layer of this pavement as high-speed Internet channel and mobile communication; proper traffic bearing surface that could replace conventional asphalt. The roadway equipped with panels acts as a network of individual cells, each of them is controlled by the central computer. This fact helps to replace any panel in case of damage or spoilage. The observation of “smart road” projects designed by the engineers of different countries has been presented. The considered innovative solutions in the road building allow to bring the state of the roads in the fast-growing cities to the necessary ecological level, as well as to solve the problem of slippery roads in winter. The disadvantage of projects of building the roads based on solar batteries at first will be the high cost of manufacturing.

Key words: solar batteries, highways, road surface, solar panels, road building, “smart roads”.

For citation: Golovko S. V., Pavlenko V. A. “A solar road” – a road of the future. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2019;1(67):37-43. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-37-43.

REFERENCES

1. Dergunov S. A., Spirina A. Iu., Iukova K. V. Energosberegaiushchie tekhnologii v dorozhnom stroitel'stve [Energy-saving technologies in road construction]. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe*, 2017, no. 12–2 (28), pp. 49-52.
2. *Rossiiskii opyt vnedreniia ekologicheskikh tekhnologii v dorozhnom stroitel'stve* [Russian experience in implementing the environmental technologies in roadbuilding]. Available at: <http://territory-engineering.ru/infrastrukturalnaya-revolutsiya/rossijskij-opyt-vnedreniya-ekologicheskikh-tehnologij-v-dorozhnom-stroitel'stve/> (accessed: 07.11.2018).
3. *Pervaya v mire solnechnaia velodorozhka postroena v Niderlandakh* [The world's first solar bike track has been built in the Netherlands]. Available at: <https://hi-news.ru/technology/pervaya-v-mire-solnechnaya-velodorozhka-postroena-v-niderlandax.html> (accessed: 07.11.2018).

4. *Vo Frantsii 1000 km dorog pokroiut solnechnymi paneliami* [1000 km of roads in France will be covered with solar panels]. Available at: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/694-vo-frantsii-1000-km-dorog-pokroyut-solnechnymi-panelyami-wattway.html> (accessed: 07.11.2018).

5. Varlamova L. A., Gotfrid A. S., Al'menev O. R. Solnechnye batarei, polnost'iu zameniaiushchie asfal't [Solar panels that completely replacing asphalt]. *Sovremennye napravleniia nauchnykh issledovani: materialy Mezhdunarodnoi (zaочноi) nauchno-prakticheskoi konferentsii (Dushanbe, 17 oktiabria 2017 g.)*. Neftekamsk, Mir nauki (IP Vostretsov Aleksandr Il'ich), 2017. Pp. 42-49.

6. «Solnechnaia» doroga «Solar Roadways», samyi uspeshnyi startap na Indiegogo: meniaem asfal't na solnechnye batarei [“Solar Roadways” is the most successful startup on Indiegogo: change asphalt to solar panels]. Available at: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/330-solnechnaya-doroga-solar-roadways-samyj-uspeshnyj-startap-na-indiegogo-menyaem-asfalt-na-solnechnye-batarei.html> (accessed: 18.10.2018).

7. Grosu R. A. Teplovye sposoby obogreva pokrytii transportnykh sooruzhenii [Thermal methods of heating surfaces of transport facilities]. *Izbrannye doklady 61-i Universitetskoii nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh (Tomsk, 23–24 apreliia 2015 g.)*. Tomsk, Izd-vo TGASU, 2015. Pp. 260-266.

8. Niud' A. S., Kiriakov E. I. Sushchestvuiushchie problemy vyivleniia i likvidatsii zimnei skol'zkosti na avtomobil'nykh dorogakh i mostovykh sooruzheniiakh [Problems of identifying and eliminating winter slippery effect on highways and bridges]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2013, no. 2, pp. 354-361.

9. *Vo Frantsii postroili dorogu iz solnechnykh batarei* [In France there was built the road of solar panels]. Available at: <https://life.ru/t/avto/950872/vo-frantsii-postroili-doroghu-iz-solnechnykh-batariei> (accessed: 10.09.2018).

10. Dergunov S. A., Spirina A. Iu., Iukova K. V. Energoberegaiushchie tekhnologii v dorozhnom stroitel'stve [Energy saving technologies in road building]. *Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe*, 2017, no. 12-2 (28), pp. 49-52.

The article submitted to the editors 23.11.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Golovko Sergey Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Electrical Equipment and Automation of Vessels; g_s_v_2007@mail.ru.

Pavlenko Vladimir Aleksandrovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Electrical Equipment and Automation of Vessels; marya-ok@mail.ru.

