

**К.А. Берникова, Т.В. Волчек**

*Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, Российская Федерация.*

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ВАГОН НА БАЗЕ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ С ПОВОРОТНЫМ УСТРОЙСТВОМ**

**Аннотация.** *Внедрение альтернативных источников энергии на железнодорожный транспорт является актуальной задачей ОАО «РЖД». В статье представлен зарубежный и отечественный опыт использования солнечных модулей на подвижном составе и инфраструктуре железнодорожного транспорта. Представлены проблемы пассажирских вагонов, связанные с потреблением электроэнергии и обеспечением комфорта пассажиров. Предлагается установить на пассажирские вагоны следования на юг России солнечные модули с поворотным устройством, что позволит сократить потребление электроэнергии и повысить комфорт пассажиров за счет дополнительно вырабатываемой электроэнергии. Проведена оценка возможного количества вырабатываемой электроэнергии.*

**Ключевые слова:** *электроэнергия, солнечные батареи, пассажирский вагон, железная дорога, экономия электроэнергии.*

**К.А. Bernikova , T.V. Volchek**

*Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Krasnoyarsk, the Russian Federation*

## **ENERGY-SAVING CAR BASED ON SOLAR MODULES WITH A ROTARY DEVICE**

**Abstract.** *The introduction of alternative energy sources for railway transport is an urgent task of JSC "Russian Railways". The article presents foreign and domestic experience of using solar modules on rolling stock and railway transport infrastructure. The problems of passenger cars related to the consumption of electricity and ensuring the comfort of passengers are presented. It is proposed to install solar modules with a rotary device on passenger cars traveling to the south of Russia, which will reduce electricity consumption and increase passenger comfort due to additional electricity generated. An assessment of the possible amount of electricity generation was carried out.*

**Keywords:** *electric power, solar panels, passenger car, railway.*

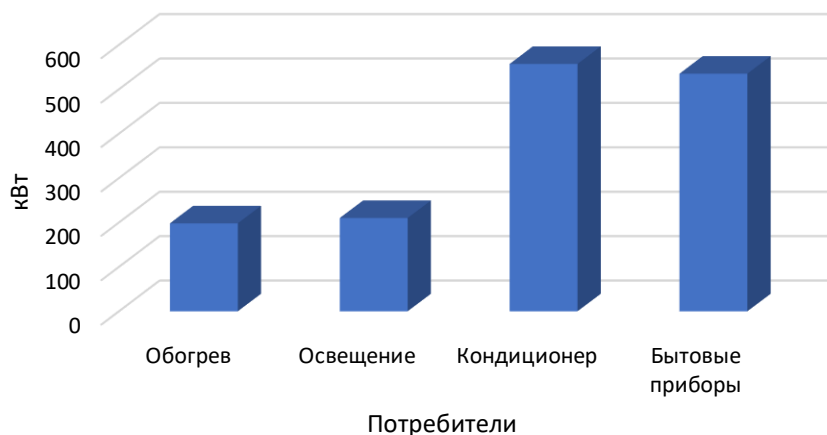
### **Введение**

Важным трендом для ОАО РЖД является внедрение «зеленых технологий», что подтверждается Распоряжением Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р «Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 года» [6], так как доля возобновляемых источников энергии в Российской энергосистеме должна достичь 3-5 %, и энергетической стратегией холдинга ОАО РЖД на перспективу до 2030 года, приоритетной задачей которой является использование альтернативных возобновляемых энергоресурсов. В связи с этим в настоящее время люди хотят освоить все новые источники энергии. Один из таких источников является солнце. Для трансформации солнечной энергии в электрическую используются солнечные панели, которые обеспечивают питание контроллерами заряда, а они в свою очередь накапливают энергию в аккумуляторных батареях. Применение солнечных батарей является актуальным и перспективным направлением, так как позволяют экономить электроэнергию, не сопровождаются выбросами в атмосферу, имеют значительный срок службы (25 лет) [7].

### **Проблемы пассажирских вагонов и зарубежный опыт борьбы с ними**

Поддерживая комфортную температуру помещения для человека, повышая требования к безопасности транспорта, привело к увеличению мощностей оборудования и значительному потреблению электроэнергии пассажирскими вагонами. До 40 % общих расходов на техническое обслуживание пассажирского вагона приходится на электрическое оборудование, не удовлетворяющее службе эксплуатации по части его экономности. Таким образом, одноэтажные пассажирские вагоны потребляют в среднем около 1500 кВт в месяц,

а двухэтажные пассажирские вагоны в два раза больше. На рисунке 1 приведена статистика потребления электроэнергии электроприборами пассажирского вагона в месяц, которая показывает, что наибольшее энергопотребление приходится на кондиционер и обслуживание бытовых приборов.



**Рис. 1. Потребление электроэнергии приборами пассажирского вагона в месяц**

Так же следует учитывать, что температура воздуха в пассажирских вагонах должна соблюдаться санитарными требованиями, это одно из важных условий транспортировки пассажиров в поездах дальнего следования. Таким образом, в вагоне должны быть установлены бесперебойные и безопасные системы теплоснабжения и электропитания, которые позволят поддерживать оптимальные температуры в пассажирском вагоне при различных температурах воздуха снаружи. Обслуживающий персонал вагонов должен знать устройство систем, уметь поддерживать необходимый режим работы. К сожалению, в аварийных случаях, а также при длительных стоянках подвижного состава возникают проблемы с обеспечением температуры установленной нормы, так как при остановке поезда отключаются все электроприборы, что снижает комфорт, как обслуживающего персонала, так и пассажиров.

В связи с этим необходимо внедрить техническое решение, которое позволило бы снизить потребление электроэнергии пассажирскими вагонами, а также повысить комфорт пассажиров.

В зарубежных странах имеется опыт использования солнечных панелей на подвижном составе, что позволяет обеспечить работу электроприборов пассажирских вагонов в аварийных режимах, и снизить их энергопотребление. Первая концепция использования солнечной энергии на железнодорожном транспорте была предложена в 2010 году во Франции, они расположили солнечные батареи над потолком вагонов поезда. Также в 2017 году Австралия ввела в эксплуатацию дизель-поезд *Vuiron Bay Train*, на крыше вагонов которого также установлены солнечные панели, предназначенные для зарядки аккумуляторов поезда [4, 5].

Рассматривая зарубежный опыт использования солнечной энергии, на сегодняшний день компания ОАО «РЖД» внедряет его на стационарных объектах. Сейчас на крыше вокзала в Анапе размещено 560 солнечных модулей, их использование позволяет не только обеспечить энергосберегающие режимы, но и обеспечить электроэнергию зданию вокзала в случае возникновения аварийного режима при отключении промышленной электросети [2].

#### **Усовершенствование отечественных пассажирских вагонов**

Поскольку наиболее эффективная солнечная энергия достигается направлением лучей, перпендикулярных солнечной панели, то для этого необходимо ее вращать в разные стороны, исходя из того, какое время суток, чтобы увеличить количество пришедшей мощности. В связи с этим авторами предлагается оснастить отечественные пассажирские вагоны следования на юг России солнечными модулями с поворотным устройством-

солнечным трекером, который будет работать только на длительных остановках (граница Казахстана, Самара, Анапа, Адлер и т.д.), чтобы в пути следования не создавать дополнительное сопротивление вагону. Солнечный трекер – это прибор, предназначенный для наблюдения положения Солнца и ориентировки конструкции несущего корпуса, чтобы получать максимальное КПД от солнца, доказано, что поворотное устройство способно повысить КПД не менее чем в 2 раза. Принцип работы трекера заключается в определении контроллером по нескольким датчикам оптимальное положение для солнечной батареи и их повороте в необходимую сторону [1, 3]. Следует учитывать, что поворот солнечных модулей может повлиять на самоочистку панелей от загрязнений и пыли. При правильном уклоне дождевая вода способна лучше снять загрязнение, что позволяет поддерживать высокий уровень.

В настоящее время самыми распространенными вариантами рынка солнечных модулей являются поли и монокристаллическая панели, их доля на рынке составляет 85 %. Данные панели обладают высокой эффективностью преобразования солнечной энергии и устойчивы к воздействию окружающей среды и погодным условиям. Поликристаллы для солнечных панелей – это пластины из множества разных кристаллов с добавками и примесями. Монокристаллические панели изготавливаются из цельного изготовленного монокристаллического кремния без дополнительных добавок и примесей. Эффективность поликристаллических солнечных панелей заметно ниже (не более 17 %) по сравнению с монокристаллическими (до 22 %), которые имеют высокую плотность мощности, что значит, что они могут производить больше энергии на единицу площади по сравнению с другими типами панелей [8].

В связи с этим для реализации предлагаемого технического решения предлагается использовать монокристаллические солнечные панели, такая панель площадью  $1 \text{ м}^2$  с учетом его КПД и потерь может вырабатывать до 220 Ватт электроэнергии при стандартных солнечных условиях (1000 Ватт на  $\text{м}^2$  солнечной радиации). Проанализировав расписание движения пассажирского поезда, выявлено, что в среднем в сутки остановки пассажирского поезда составляют не менее чем 5 часов, следовательно, за счет поворотного устройства КПД солнечных батарей повысится в среднем на 10 % и составит 24 %. Таким образом,  $1 \text{ м}^2$  солнечной панели будет вырабатывать в сутки около 240 Ватт. Площадь крыши пассажирского вагона плацкартного типа составляет около  $87 \text{ м}^2$ , что позволит установить  $53 \text{ м}^2$  солнечных модулей, и получить в сутки 12,6 кВт электроэнергии. На рисунке 2 представлена схема установки предлагаемого устройства на крышу пассажирского вагона.

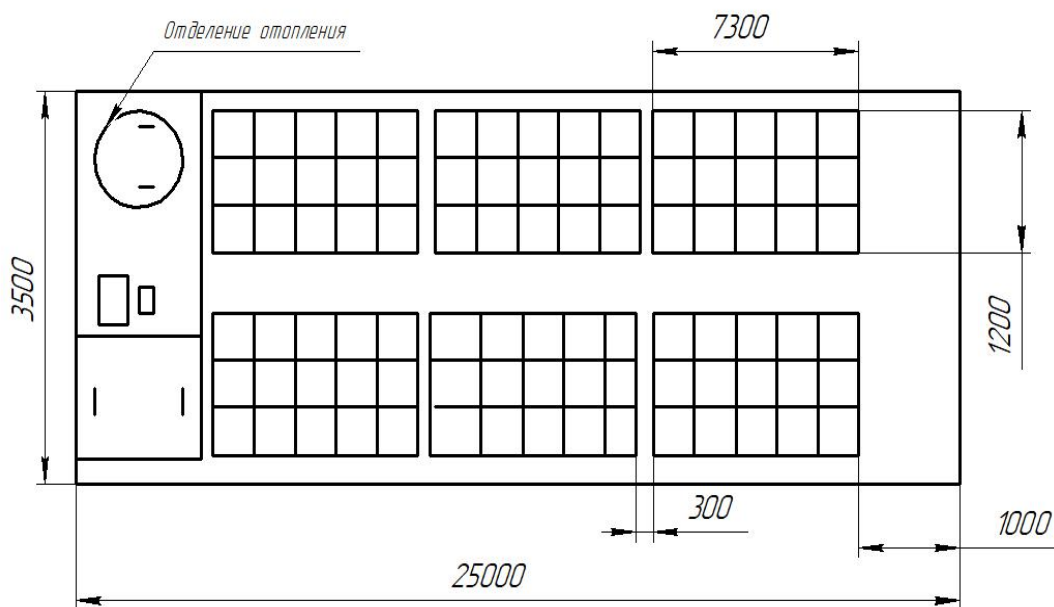


Рис. 2. Схема установки на крыше пассажирского вагона

## Вывод

Таким образом, на основе существующих проблем пассажирского вагона, отечественного и зарубежного опыта предлагается установить на крыши пассажирских вагонов следования на юг России солнечные модули монокристаллического типа с поворотным устройством, которое будет работать на длительных остановках поезда, что позволит:

- вырабатывать до 12,6 кВт электроэнергии в сутки, что снизит потребление электроэнергии пассажирским вагоном;
- за счет выработанной электроэнергии обеспечить работу электроприборов на длительных остановках и в аварийных режимах, что повысит комфорт, как обслуживающему персоналу, так и пассажирам.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Китаева, М.В. Аппаратно-программный комплекс для контроля оптимальной ориентации фотоэлектрических модулей на максимальный поток солнечного излучения: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Китаева Мария Валерьевна ; Томск, 2014 – 139 с. – Текст : непосредственный.

2. Российские железные дороги : официальный сайт URL: [ОАО "РЖД" завершило оборудование железнодорожного вокзала станции Анапа системой солнечных модулей. | Новости | Северо-Кавказская ЖД \(rzd.ru\)](#) (дата обращения: 10.09.2023). - Текст : электронный.

3. Статья пресс-службы ТГТУ – официальный сайт URL: [Команда студентов ТГТУ разработала двухосевой солнечный трекер \(tstu.ru\)](#) (дата обращения: 2.10.2023). Текст : электронный.

4. Фролков А.В., Кобылянский В.В. Обзор применения солнечной энергетики на железнодорожном транспорте // Локомотив. №1.2023. С. 2-4. Текст : непосредственный.

5. Фролков А.В., Кобылянский В.В. Обзор применения солнечной энергетики на железнодорожном транспорте // Дайджест перспективные технологии развития отрасли железнодорожного транспорта / Ростов-на-Дону, 1 квартал 2023. С. 31-36. Текст : непосредственный.

6. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 год от 9 июня 2020 года № 1523-р: официальный сайт. – Москва. - URL: [w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf \(government.ru\)](#) (дата обращения: 10.09.2023). - Текст : электронный.

7. Энциклопедия выживания. – URL: [Солнечные элементы и фотоэлектрические модули для преобразования солнечного света в электричество, типы, устройство, КПД, принцип работы, вольтамперная характеристика, сколько прослужат солнечные батареи. | Выживание в дикой природе \(survinat.ru\)](#) – (дата обращения 20.09.2023). - Текст: электронный.

8. VoltaEnergy. – URL: [Рейтинг лучших солнечных панелей в 2022 году | VoltaEnergy | Дзен \(dzen.ru\)](#) – Текст : электронный.

## REFERENCES

1. Kitaeva, M.V. Hardware and software complex for controlling the optimal orientation of photovoltaic modules to the maximum solar radiation flux: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Kitaeva Maria Valeryevna ; Tomsk, 2014 – 139 p. – Text: direct.

2. Russian Railways : official website URL: JSC "Russian Railways" has completed the equipment of the Anapa railway station with a system of solar modules. | News | North Caucasian Railway (rzd.ru ) (accessed: 09/10/2023). - Text : electronic.

3. Article of the press service of TSTU – official website URL: A team of TSTU students has developed a two-axis solar tracker (tstu.ru ) (date of application: 2.10.2023). Text : electronic.

4. Frolkov A.V., Kobylyansky V.V. Review of the use of solar energy in railway transport // Locomotive. No. 1.2023. pp. 2-4. Text : direct.
5. Frolkov A.V., Kobylyansky V.V. Review of the use of solar energy in railway transport // Digest promising technologies for the development of the railway transport industry / Rostov-on-Don, 1st quarter 2023. pp. 31-36. Text : direct.
6. Energy Strategy of the Russian Federation for the period up to 2035 dated June 9, 2020 No. 1523-r: official website. – Moscow. - URL: w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf (government.ru ) (accessed: 09/10/2023). - Text : electronic.
7. Encyclopedia of survival. – URL: Solar cells and photovoltaic modules for converting sunlight into electricity, types, device, efficiency, operating principle, voltage characteristic, how long solar panels will last. | Survival in the Wild (survinat.ru ) – (accessed 20.09.2023). - Text: electronic.
8. VoltaEnergy. – URL: Rating of the best solar panels in 2022 | VoltaEnergy | Zen (dzen.ru ) – Text : electronic.

### **Информация об авторах**

*Волчек Татьяна Витальевна* – к.т.н., старший преподаватель, Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, e-mail: [tanya.vol4eck@yandex.ru](mailto:tanya.vol4eck@yandex.ru)

*Берникова Ксения Александровна* – студент, Красноярский институт железнодорожного транспорта, г. Красноярск, e-mail: [kse.bernikova8@mail.ru](mailto:kse.bernikova8@mail.ru)

### **Information about the authors**

*Volchek Tatiana Vitalievna* – Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer, Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University., e-mail: [tanya.vol4eck@yandex.ru](mailto:tanya.vol4eck@yandex.ru)

*Bernikova Kseniya Alexandrovna* – student, Krasnoyarsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University. , e-mail: [kse.bernikova8@mail.ru](mailto:kse.bernikova8@mail.ru)