



**ДОБРИ ПРАКТИКИ В ПРИЛОЖЕНИЕТО НА СОЛАРНО
ЗАДВИЖВАНИ ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА В ИЗПЪЛНЕНИЕ НА
СТРАТЕГИЯТА ЗА УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ НА
ТРАНСПОРТНАТА СИСТЕМА**

Антоанета Д. Кирова

toni.kirova@gmail.com

***Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
Факултет „Транспортен мениджмънт
Катедра „Икономика и счетоводство в транспорта”
гр. София, 1574, ул. „Г. Милев” № 158,
БЪЛГАРИЯ***

Ключови думи: соларна енергия, устройства за привличане на слънчева енергия, устойчивост и намаляване на замърсяването на околната среда.

Резюме: Устойчивото развитие на транспорта и намаляването на вредните емисии от парникови газове е свързано с използване на транспортни средства, задвижвани чрез алтернативни енергийни източници, един от които е слънчевата енергия. Понятието „слънчева енергия“ се използва като означение за оборудване, инсталирано на различни видове транспортни средства за привличане на слънчевите лъчи, а в статията е направен обзор на възможностите за практическо приложение на соларната енергия в експлоатационната дейност на транспорта. В тази връзка в широк смисъл е приложен и терминът „соларно транспортно средство“, при което слънчевата енергия се използва като алтернативен източник, необходим както за привеждането в движение, но също така и за осъществяване на връзки и контролни процеси на борда и дистанционно, за спомагателните функции, като климатизация, осветление и други.

Соларната енергия отдавна намира място и при традиционно задвижвани с електрическа енергия транспортни средства в градска среда (трамваи и тролейбуси). Обзорът на ползващите слънчева енергия транспортни средства включва велосипеди, мотоциклети, автомобили за лично ползване и оказване на обществени транспортни услуги, както и соларни автобуси. Фотоволтаичните панели в железниците са приложими преди всичко при товарните вагони, намират приложение и във водния транспорт, както и при въздухоплавателни транспортни средства.

Независимо от сравнително високите инвестиционни разходи и други слабости, перспективите за соларните транспортни средства са добри, а ефектите доказани. Същевременно, налице са и ограничения при използването на фотоволтаични клетки в транспорта. Статията не акцентира върху технически аспекти при прилагането на соларна енергия.

Увод

Транспортното средство, задвижвано с помощта на слънчева енергия¹ е електрическо транспортно средство, ползващо един от видовете възобновяеми енергийни източници. На база на фотоволтаични клетки, поставени в соларни панели, слънчевата енергия директно се преобразува в електричество. Терминът „соларно транспортно средство“ обикновено означава, че слънчевата енергия е част от необходимата за привеждане в движение, но тя може да се използва и при осъществяване на връзки и контролни процеси, както и за спомагателни функции, като климатизация или осветление.

Понятието „слънчева енергия“ еволюира и от една страна означава реално оборудване за привличане на слънчевите лъчи, а от друга съществува в счетоводните системи за отчитане на електропотреблението. В нашия случай интерес представлява първото значение. Първите соларни „превозни средства“ (триколки или четириколки²) са на база на велосипедната технология, а „соларомобили“ са демонстрирани на Рали за електрически задвижвани транспортни средства³ в Швейцария през 1985 г. Велосипедите, задействани със слънчева енергия са изцяло покрити, като соларният панел е разположен в задната част или в ремарке; след това става подвижен и се сгъва при паркиране. Впоследствие, панелите се отстраняват и се преминава към директно хранване от електрическата мрежа. В съвременния свят, високо технологичните електрически велосипеди консумират малко енергия и разходите за нейното закупуване от соларен източник са нищожни. Същото се отнася и до електрически задвижваните мотоциклети, чието развитие започва отново от участието им в Рали за електрически задвижвани транспортни средства.

1. Кратък обзор на соларните транспортни средства

1.1. Соларни автомобилни транспортни средства. Примери и добри практики

*Соларните автомобили*⁴ функционират на база на описаните фотоволтаични клетки, като се има предвид, че те привличат сравнително ограничено количество енергия. Налице са и ограничения в дизайна, заради необходимост от по-малко тегло, свързано с количеството енергия за задвижване. Соларните автомобили се конструират от олекотени материали за участия в състезания, но се използват за обществени нужди. В сравнение с нормалните автомобили, при тях нивата на безопасност и комфорт са занижени. При проектирането и конструирането на соларни автомобили се използва обикновен монолитен соларен модул, като се монтира допълнително и акумулатор. Като алтернатива, соларният автомобил може да използва основно акумулатора, а слънчевият панел да служи за презареждане.

В градска среда, швейцарският проект „Solartaxi“ за пръв път в глобален план показва електрически автомобил, който на околосветска обиколка изминава 50 хил. км, пресичайки 40 държави. Електрозадвижваното МПС разполага с ремарке, носещо соларните панели с площ 6 m². Използват се и акумулатори със солни електролити (Zebra batteries⁵), позволяващи пробег от 400 км без презареждане. Без ремарки автомобилът може да измине 200 км, с максимална скорост 90 км/ч. Автомобилът е с маса 500 кг, а ремаркетото - 200 кг. Стойността на подобен автомобил за масова употреба

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_vehicle

² <https://en.wikipedia.org/wiki/Quadracycle>

³ Tour de Sol, https://en.wikipedia.org/wiki/Tour_de_Sol

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_car

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Molten_salt_battery#Zebra_battery

е около 16 хил. Евро, според оценката на инициатора Луи Палме¹. Интересен вариант на електромобили е тройният хибрид – PHEV², който разполага и със соларни панели. Електротаксите вече се движат в редица европейски столици (Амстердам, Лондон и други), а в гр. София също са проведени успешни тестове за тяхното движение³. КИА Моторс България е първата компания, която предлага на собственици на електрически превозни средства безплатно зареждане на електромобили.

Съвместна политика на Германия и Франция, стартирана през 2008 г. дава ход на план за кредитиране покупките на автомобили, оборудвани с технологии, намаляващи вредните емисии от въглероден двуокис до 6-8 г/км. Тя създава очаквания за широко приложение и разпространение на фотоволтаичните панели в бъдеще. Първият соларен семеен автомобил е създаден през 2013 г. от студенти в Холандия. Той може да измине пробег от около 850 км, с едно зареждане по време на деня, при активна консумация на слънчеви лъчи. Теглото му е 386 кг, със соларен панел с мощност 1.5 киловата. Предназначен е за безпроблемни пътувания на разстояния до 200 км.

*Соларните автобуси*⁴ са задвижвани от енергия, генерирана изцяло или частично от стационарни инсталации от слънчеви панели. Те се разграничават от конвенционалните автобуси, при някои функции, като осветление или климатизация са на база на електричество, но задвижването е традиционно, а не в резултат на захранване със слънчева енергия⁵. Подобни системи са широко разпространени и позволяват на автобусните компании да се съобразяват с регулаторните изисквания за използване на алтернативна енергия при празния пробег, например в САЩ, Великобритания и др. За целта се осъществява пренастройка на батериите, но без въздействие върху двигателя.

Соларните автобуси са електрически или хибридни, с акумулатори, които се презареждат от слънчеви (или други) източници на енергия. Въвеждането на автобусна линия, обслужвана от соларни автобуси често изисква инсталирането на стационарни соларни панели с фотоволтаични клетки или поставяне на фотоволтаичните клетки на борда на транспортното средство за преобразуване на слънчевата енергия в електричество, но „зелените“ превозни средства съответства на целта общественият транспорт да е част от устойчиви транспортни системи. Линиите са с малка обща дължина, например за превоз на туристи, с ниска скорост, за обиколка на забележителности, свързващи превози между терминалите на летища и т.н.

Автобусът „Гиндо“, създаден по инициатива на обществените власти в гр. Аделаида, използва 100% слънчева енергия⁶. В Китай се използват електробуси частично задвижвани от соларни панели, инсталирани върху покрива на транспортното средство, което намалява потреблението на енергия и се увеличава жизнения цикъл на акумулаторните батерии⁷. По Програма на китайското правителство за чист транспортен сектор, първите соларни хибридни автобуси са пуснати в експлоатация през юли 2012 г. в град Чичихар, с литиево-йонни батерии и слънчеви панели, инсталирани на покрива на автобуса. Енергийният разход на автобус е от порядъка на 0,6 - 0,7 квтч/км, с капацитет за превоз до 100 души. Използването на слънчеви

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Palmer

² Plug-in hybrid electric vehicle (Хибридно електрическо транспортно средство с устройство за зареждане)

³ <http://baeps.org/2015/08/12/>

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_bus

⁵ <http://cdllife.com/2014/top-trucking-news/resources/regulations/idling-laws-state/>

⁶ <http://yoursay.adelaidecitycouncil.com/city-connector-bus>

⁷ http://naftcenews.wvu.edu/naftc_eneews/2012/9/7/china-reveals-new-solar-buses

панели удължава живота на акумулатора с 35%¹. В Европа, първият захранван със слънчева енергия автобус в Австрия е пуснат в експлоатация в Пертхолдсдорф. Задвижващата система, експлоатацията и спецификата на конструкцията са специално предназначени за планираните редовни линии. Пробната експлоатация започва през есента на 2011 г.² Тройно-хибридният автобус е разработен в Университета в Гленморан, Уелс, за превоз на студенти между различните части на кампуса. Задвижван е от хидравлично гориво или соларни клетки, батерии и ултракондензатори³.

В Индия е стартиран мащабен проект за въвеждане на нови енергийно ефективни соларни автобуси в различни градове (Пуна, Момбай, Бангалор и др.) В Уганда също е въведен соларен автобус, с капацитет 35 места, с нулев % вредни емисии, обхват от 80 км, с разположени на покрива соларни панели. Концепцията е разработена от Kiira Motors Project, с оглед прогресивното развитие на местен капацитет за технологични иновации, като ключов компонент за институционализиране на устойчиво индустриално производство⁴.

В САЩ, в Ню Мексико, от 2011 г. е в експлоатация е 14-местен електробус (Solar Buzz), предназначен за вътрешноградски превози, според прототип, създаден през 1994 г. Необходимата енергия за неговото движение е равностойна на разхода за електроенергия за кафемашина, т.е. около 700 вата. Автобусът е получил разрешително за движение от Обществена комисия, регулираща пътния транспорт през 2015 г. Цената на частната превозна услуга, предоставяна пред деня е равностойна на 3 щ.д., предлагана в района на курортно селище с минерални извори в Ню Мексико⁵, с население 6100 души.

В България, европейско финансиране е осигурено за закупуване на електрически автобуси в гр. Велико Търново и общината работи по проект за интегриран градски транспорт. Лошото състояние на амортизираната тролейбусна инфраструктура неефективно възстановяването ѝ, поради което ориентацията е към автобуси с алтернативно гориво за обслужване в градски условия. В гр. София през 2017 г. ще бъде обновен автопаркът, в който са предвидени 20 електрически и 20 хибридни автобуси.

Други форми на „зелен“ автобусен транспорт са електронно задвижвани автобуси, като с помощта на соларни панели се осъществява климатизация. Подобни автобуси съответстват на практиките за икономичен празен пробег. Също така, съществуват автобуси, работещи на два режима, единият от които е използване на соларна енергия и т.н. От 2013 г. фирма „Шумен – Пътнически автотранспорт“ ООД с партньор ВТУ”Т. Каблешков”, в рамките на проект, разработва алтернативен градски автобус чрез конверсиране от конвенционален дизелов в електрически”⁶.

1.2. Използване на слънчевата енергия в другите видове транспорт

Железницата с ниското съпротивление при движение, което е от полза при планирани пътувания и разполагане на спирки също може да използва слънчева енергия. Фотоволтаични панели са изпробвани на подвижен състав в Италия, по

¹ http://naftcenews.wvu.edu/naftc_eneews/2012/9/7/china-reveals-new-solar-buses

² <https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do?pageTypeId/67860/channelId/-51749>

³ http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/wales/7436908.stm, <http://news.glam.ac.uk/news/en/2008/may/30/launch-europes-first-tibrid-green-minibus/>

⁴ http://edition.cnn.com/2016/02/15/africa/africa-solar-bus-kiira-uganda/index.html?iid=ob_lockedrail_topeditorial&iref=obnetwork, <http://kiiramotors.com/kayoola.pdf>

⁵ <http://krqe.com/2016/01/28/new-mexico-woman-invents-states-first-solar-powered-bus/>

⁶ По Национален иновационен фонд N БИФ-02-15/15.12.2012г., <http://www.emic-bg.org/news/item/1072>

Европейски проект (PVTRAIN¹). Основният извод е, че фотоволтаични клетки са подходящи предимно за товарни вагони, като електричеството на борда ще доведе до нови функции, например:

- GPS или други средства за определяне на местоположението, с оглед повишаване на ефективността от управление на превозния парк;
- Заклучващи устройства на електрически принцип, видео монитор и система за дистанционно управление на вагони с плъзгащи врати, с оглед намаляване на рисковете от кражби на ценни стоки;
- Система против блокиране², която ще доведе до постигане на скорост от 160 км/ч, с което ще се постигне по-висока производителност.

По линията Kismaros – Királyrét³, с междурелсие 760 мм, преминаваща през горски участък, недалеч от гр. Будапеща в Унгария, функционира соларно задвижвана мотриса⁴, с максимална скорост 25 км/ч, с два двигателя, всеки с мощност 7 kW, с рекуперативно спиране. Електричеството се складира в разположени на борда батерии⁵. Възможно е и разполагане на стационарни соларни панели извън вагона, генериращи електричество, което изцяло се използва за нуждите на транспортния процес⁶. Индийските железници обявяват своето намерение да прилагат фотоволтаични клетки за климатизацията на пътнически вагони⁷. Също така, Индийските железници извършиха пробен пробег през май 2016 г., с намерението са ежегодно спестяване на 90,8 л дизелово гориво на един влак ежегодно, което от своя страна води и до намаляване на вредните емисии от CO₂ с 239 т⁸.

По проект „Heliotram“ са създадени трамвайни депа в Хановер Лайнхаузен⁹ и в Женева (Баше дьо Песи), като второто захранва с електричество транспортни средства за градския транспорт (тролейбуси) от своето откриване през 1999 г. Според направени проучвания, трамвайната мрежа в Мелбърн¹⁰, Австралия може да се обслужва изцяло от соларна енергия, със соларни инсталации по проект на правителството на щата Виктория. Намаляването на парниковите газове, изхвърляни в атмосферата е повече от 80,000 т годишно до 2050 г. За трамвайния транспорт, като разумна алтернатива за екологично придвижване в градска среда, променящи и културата на движение ще бъде отделено финансиране от около 70 млн. паунда.

Соларно задвижвани кораби с използват предимно по реки и канали¹¹, но през 2007 г. е създаден експериментален 14 – метров катамаран за плаване от Севиля (Испания) до Маями, а впоследствие и до Ню Йорк (САЩ), задвижван единствено от слънчева енергия. Най-голямата линейна корабоплавателна компания на Япония Nippon Yusen KK и Нефтопреработвателната корпорация Nippon също планират разполагане на соларни панели, произвеждащи 40 киловата електричество върху кораб за превоз на автомобили, използван от Автомобилната корпорация „Тойота“ (вж. б. по-

¹ http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=2061

² https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system

³ <https://www.albertbahn.hu/english/railway-photos/hungary/317-kiralyret-forest-railway>

⁴ Оборудвана с фотоволтаични панели, с площ 9.9 м²

⁵ <http://www.railjournal.com/index.php/rolling-stock/solar-powered-rail-vehicle-ready-for-service.html?channel=542>

⁶ <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114004778>

⁷ <http://indiatoday.intoday.in/story/sun-to-power-ac-coaches-in-trains/1/298080>

⁸ <http://indianexpress.com/article/india/india-news-india/railways-to-start-trial-runs-of-solar-train-in-sunny-jodhpur-2798717/>

⁹ <http://www.windwatt.ch/the-projects/48-heliotram.html>

¹⁰ С дължина 250 км, трамвайната мрежа на Мелбърн е най-голяма в света, превозваща ежегодно до 204 млн. пътници, експлоатирана от частен консорциум (Yarra Trams), с лиценз от Службата за обществен транспорт, Виктория

¹¹ <http://www.enn.com/energy/article/38019>

горе). Правени са различни демонстрационни системи, но никой не се е възползвал от огромната енергия, която може да се получи в резултат на водното охлаждане.

Ниската мощност на сегашните соларни панели ограничава използването на самоходни плавателни съдове, ползващи слънчева енергия, но платноходите, които за разлика от ДВГ не генерират електрически ток, разчитат на мощността на батериите за електроуреди (хладилници, осветление и средства за комуникации). Тук слънчевите панели се използват за презареждане на батериите, тъй като са безшумни, не изискват гориво и могат да бъдат добавяни безпроблемно добавят към съществуващото пространство на палубата¹.

Соларното задвижване е възможно и за летателни уреди, като дирижабли или хибридни дирижабли². Във въздушния транспорт са налице големи инвестиции в соларно задвижвани сателити, както и космически кораби, тъй като слънчевата енергия ще даде възможност те да останат във въздуха в продължение на месеци, като изпълняват задачите си, за разлика от съвременните сателити³. Извършени са и експерименти в сферата на въздухоплаването, например Solar Challenger⁴, изминал 262 км между Париж и Великобритания, с помощта на слънчева енергия; Solar Impulse⁵, SolarStratos (швейцарски стратосферен соларен самолет). Други проекти са Sky Sailor (проектиран за проучвателен полет до планетата Марс), пътувал през 2008 г. 27 часа, както и различни соларно задвижвани самолети, като „Дирижабъл с голяма височина на полета“ на Локхийд-Мартин.

2. Изводи

Независимо от развитието и разпространението на соларната енергия в транспортната сфера, налице са и ограничения при използването на фотоволтаични клетки в МПС, а именно:

- *Ниско ниво на енергийна наситеност*: енергията от слънчевия панел е с ограничено количество, на първо място от размера на транспортното средство и на второ, от периода на слънчевото греене. Преодоляването на ограничението става с добавяне на ремарке за осигуряване на по-голяма площ за разполагане на панелите. С оглед на намаляване на тежестта върху панела в пиковия момент на потребление, енергията може да се акумулира. Недостатък е, че така се добавя маса, а оттам и разход към транспортното средство. Ограничението по отношение на мощността може да се намали и чрез използване на конвенционални електромобили, снабдени със средства за соларна (или друг вид) енергия, с възможност за презареждане от мрежата за електроснабдяване;
- *Разходи*: слънчевата енергия е безплатна, но вграждането на фотоволтаични клетки за улавянето на слънчевите лъчи изисква висок разход. Разходите за соларни панели обаче са в процес на намаляване (22% намаляване на разходите при удвояване на производителния обем);
- *Конструктивни съображения*: слънчевата светлина няма жизнен цикъл, за разлика от фотоволтаичните клетки. Жизненият цикъл на соларен модул е от порядъка на почти 30 години⁶. Стандартните фотоволтаични клетки често са с гаранция за 90% (от номиналната мощност) до 10 години и до 80% след 25 години. Понастоящем, фотоволтаичните панели са проектирани като

¹ <https://www.emarineinc.com/Best-Marine-Solar-Panels>

² <https://www.solarship.com/>

³ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6916309.stm>

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/MacCready_Solar_Challenger

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse

⁶ http://www2.jpl.nasa.gov/adv_tech/photovol/ppr_81-85/Reliab%20Res%20toward%2030-yr%20PV%20Mod%20-%20Kobe84.pdf

стационарни инсталации, с чувствителна маса. За да могат успешно да се прилагат в мобилен вариант, те трябва да са конструирани устойчиви на вибрации.

Сравнителната характеристика и проучванията на пазара са от съществено значение при оценката и избора на прототип, поради доста голямата първоначална инвестиция.

Допълнителни литературни източници:

[1.] Национален иновационен фонд N 6ИФ-02-15/15.12.2012г., <http://www.emic-bg.org/news/item/1072>

[2.] Списание „Енергия“, <http://energia.elmedia.net/bg/2016-7/editorials/index.html>

[3.] Енергийна стратегия на Р България до 2020 г., За надеждна, ефективна и по-чиста енергетика,

http://www.mi.government.bg/files/useruploads/files/epsp/22_energy_strategy2020_.pdf

[4.] Захаринов, Б., Европейска и национална енергийна стратегия до 2020 г., НБУ и др.

BEST PRACTICES FOR THE APPLICATION OF SOLAR POWERED VEHICLES IN PERFORMING THE STRATEGY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT SYSTEM

Antoaneta Kirova
toni.kirova@gmail.com

***Todor Kableshkov Transport University
Faculty of Transport management
Department "Transport economy and accounting"
1574 Sofia , 158, Geo Milev Street
BULGARIA***

Key words: *electrotransport, devices for attracting solar energy, sustainability and decreasing the environmental pollution*

Abstract: *The sustainable development of transport and the reduction of greenhouse gas emissions is related to the use of alternative energy sources, one of which is solar energy. The term "solar energy" is used as an indication for equipment installed on different types of vehicles to attract sunlight, and the article reviews the possibilities of practical application of solar energy in transport operations. In this connection, in the broad sense, the term "solar transport means" is also used, whereby solar energy is used as an alternative source needed both for commissioning, but also for the implementation of on-board and remote control and connection as well as for fulfilling auxiliary functions such as air conditioning, lighting etc.*

Solar energy has long been applied for traditional urban-powered vehicles (trams and trolleys). The survey of solar powered vehicles includes bicycles, motorcycles, cars for private use and public transport services as well as solar buses. Photovoltaic panels in railway transport are mainly applicable to freight wagons, and they are also in use in water borne transport as well as in aircraft transport vehicle..

Despite the relatively high investment costs and other weaknesses, the prospects for solar transport are good and the effects proven. At the same time, there are certain limitations for the use of photovoltaic cells in transport. The article does not focus on technical aspects of solar energy application.

The literature sources have been cited inside the article.