

УДК 629.341

© Гнатов А.В.<sup>1</sup>, Аргун Щ.В.<sup>2</sup>, Киценко О.Р.<sup>3</sup>**УМНЫЕ ДОРОГИ, КАК ОСНОВА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЙ В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ**

*Проведена разработка и расчет панелей дорожного покрытия для системы «Умная дорога» с анализом количества сгенерированной и потребленной электроэнергии. Представлено конструктивное исполнение и раскрыт принцип действия системы «Умная дорога». Проведен расчет количества сгенерированной электроэнергии на единицу площади дорожного покрытия. Показано, что для обеспечения собственных нужд дорожные панели будут использовать до 71,25% от общего количества сгенерированной энергии.*

**Ключевые слова:** *энергосберегающие технологии, дорожные панели, умная дорога, дорожная разметка, альтернативные источники электроэнергии.*

*Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Киценко О.Р. Розумні дороги, як основа ресурсозберігаючих технологій у транспортній інфраструктурі. Проведено розробку і розрахунок панелей дорожного покриття для системи «Розумна дорога» з аналізом кількості згенерованої і споживаної електроенергії. Представлено конструктивне виконання і розкрито принцип дії системи «Розумна дорога». Проведено розрахунок кількості згенерованої електроенергії на одиницю площі дорожнього покриття. Показано, що для забезпечення власних потреб дорожні панелі будуть використовувати до 71,25% від загальної кількості енергії, що згенеровано.*

**Ключові слова:** *енергосберігаючі технології, дорожні панелі, розумна дорога, дорожня розмітка, альтернативні джерела електроенергії.*

*A.V. Gnatov, Sch.V. Argun, O.R. Kitsenko. Smart roads, as the basis of resource-saving technologies in transport infrastructure. Reasoning from the quality of roads, one may draw a conclusion as to the level of the state economic development. Nowadays there appear new generation roads, so-called «Smart Roads». «Smart Roads» must by themselves ensure power supply and road markings depending on traffic conditions; they must glow in the darkness, warn drivers of potentially dangerous road sections, monitor traffic conditions, react to emerging problems, charge electric vehicles in motion, etc. Therefore they must be equipped with a complex of the latest achievements in the fields of science and technology. The article proposes the design of the «Smart Roads» system panels, describes its operation principle and functionality. In the article, road paving panels for «Smart Roads» system have been calculated with an analysis of the amount of generated and consumed electric energy. This system is completely self-sufficient, i.e., it acts as an alternative and decentralized source of energy. In the daytime, solar energy from the solar panels is accumulated in the batteries by the side of the road. Also, energy comes from the piezoelectric elements when a car moves on the panel. When it gets dark, the accumulated energy is expended on the operation of the panel itself and on the LEDs that draw road markings and highlight certain parts of the road (if necessary). Excess electrical energy is supplied to other consumers of electricity. The amount of electricity generated per unit of road surface has been calculated. It is shown that for their own needs road paving panels will consume up to 71,25% of the total energy generated.*

<sup>1</sup> д-р техн. наук, професор, Харьковський національний автомобільно-дорожній університет, г. Харьков, [kalifus76@gmail.com](mailto:kalifus76@gmail.com)

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент, Харьковський національний автомобільно-дорожній університет, г. Харьков, [shasyana@gmail.com](mailto:shasyana@gmail.com)

<sup>3</sup> студент, Харьковський національний автомобільно-дорожній університет, г. Харьков, [kicenko196835@gmail.com](mailto:kicenko196835@gmail.com)

**Keywords:** *energy saving technologies, road panels, Smart Roads, road marking, alternative energy sources.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день дороги являються визитной карточкой как страны в целом, так и каждого населенного пункта по отдельности. По их качеству можно определить уровень экономического развития государства. Поэтому в последнее время во всем мире появилось очень много различных проектов и концептов, которые кардинальным образом меняют представление о дорогах [1-3].

В сфере дорожного строительства наметились тенденции к активной реализации глобальных финансовых программ, направленных на преобразование и улучшение качества дорог, внедрение новых материалов и технологий. Современную дорогу уже стоит воспринимать как отдельный элемент строительства, это уже яркий неотъемлемый элемент всего архитектурного ансамбля местности, подчеркивающий красоту и неповторимость экстерьера города [1, 4-7].

Одним из основных требований к современным дорогам является то, что они должны полностью себя обслуживать, быть автономными. Вторым не менее важным требованием является то, что они должны стать альтернативными и децентрализованными источниками энергии как для элементов дорожной инфраструктуры, так и для других (сторонних) потребителей электрической энергии [6-12].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Одной из первых идей при разработке новых инновационных дорог стало нанесение дорожной разметки с помощью специальной флуоресцентной краски [1]. Днем краска поглощает световую энергию и таким образом «заряжается», а ночью – «отдает» свет в окружающую среду. Заряда энергии хватает более чем на 10 часов. Этого вполне достаточно для освещения дорог в темное время суток. Похожую футуристическую дорогу, оснащенную интерактивным освещением и сообщаемую о погодных условиях, разработал голландский дизайнер Daan Roose gaarde при содействии компании Heijmans. Небольшой участок такой дороги был построен в 2013 г. в голландской провинции [13].

Также голландская компания Volker Wessels работает над проектом пластикового дорожного покрытия (концепция дорог из пластиковых отходов) [5]. Такая дорога быстро собирается из блоков, при этом отдельные панели будут не сплошными, а полыми. В полостях разместятся кабели, трубопроводы, коллекторы и другие элементы инфраструктуры. Конструкция пластиковых дорог компании Volker Wessels имеет следующие преимущества: практически исключается фактор некачественного покрытия; полностью ликвидируется необходимость земляных работ при ремонте труб. Если же панель выйдет из строя, то ее можно будет изъять и заменить новой. По предварительным расчетам пластиковые дороги выдерживают температуры от -40 до +80 °С и пригодны для прокладки на любой почве, включая пески и болота. К тому же, они практически не выделяют в атмосферу углекислый газ (в отличие от асфальта).

Последним достижением современности стало проектирование, разработка и внедрение в практику дорог нового поколения, называемых «Умные дороги». Они самостоятельно обеспечивают свое функционирование по электропитанию, прорисовывают разметку в зависимости от дорожных условий, светятся в темноте, предупреждают водителей о появлении опасных участков, отслеживают состояние трафика, реагируют на возникающие проблемы, заряжают электромобили при их движении и т.п., то есть оснащены комплексом последних достижений науки и техники [2, 7-9].

**Целью данной работы** является разработка и расчет панелей дорожного покрытия для системы «Умная дорога» с анализом количества сгенерированной и потребленной электрической энергии.

**Изложение основного материала.** Проведение анализа существующих видов современных инновационных дорог и учет их преимуществ и недостатков позволило разработать систему «Умные дороги». Данная система предполагает автономное функционирование дороги в независимости от источников энергии. Она сама является альтернативным и децентрализованным источником энергии, который полностью покрывает свою потребность в энергии, а излишки отдает другим потребителям.

В Харьковском национальном автомобильно-дорожном университете на кафедре автомо-

бильной электронике коллективом авторов предложен один из вариантов конструкции панелей системы «Умная дорога», рис. 1 [14-17].

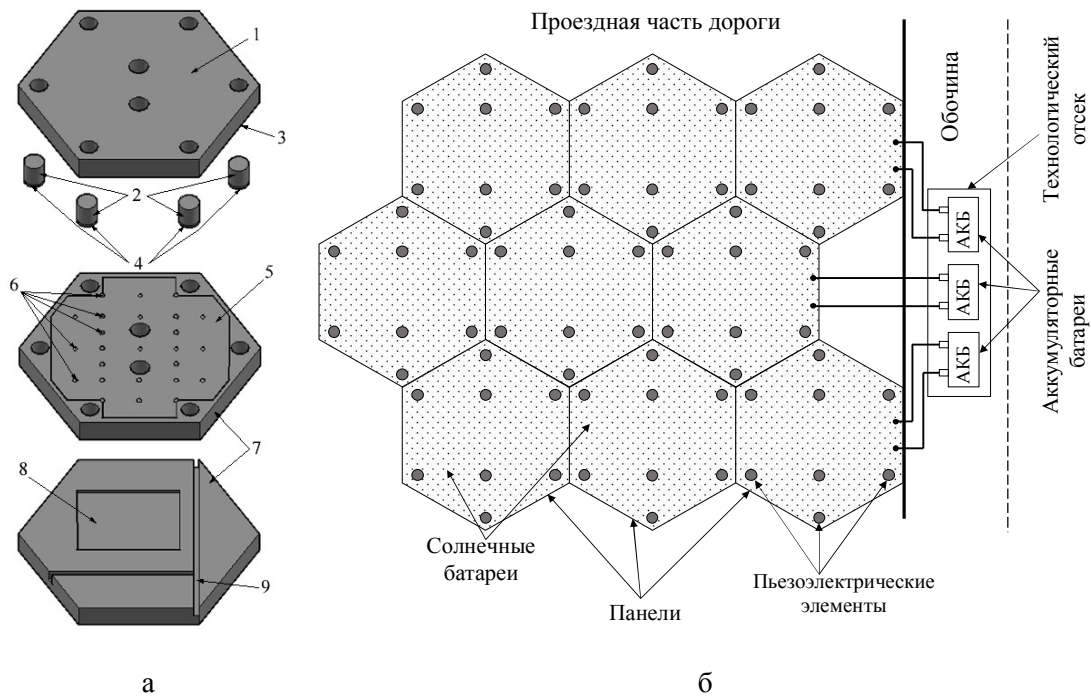


Рис. 1 – Конструктивное выполнение дорожной панели «Умная дорога»: а – конструкция панели; б – техническая реализация системы; 1 – прозрачная защитная крышка; 2 – опора крышки; 3 – нагревательные волокна; 4 – пьезоэлемент; 5 – солнечная панель; 6 – светодиоды; 7 – подкладка из стеклотекстолита; 8 – отсек для платы управления; 9 – желоб для электрических соединений

Каждая панель состоит из 3-х основных составляющих элементов. Первый – защитная верхняя крышка с опорами. Этот элемент конструкции выполнен из высокопрочного оргстекла с наклеенным с внутренней стороны электрическим нагревательным элементом в виде нагревательных волокон. В основе опор установлены пьезоэлектрические элементы, которые, в свою очередь, также способны вырабатывать электричество при сжатии. Второй – блок солнечных батарей со светодиодами. В данном элементе светодиоды и солнечные панели расположены по всей плоскости. Третий – основа панели с электронными платами управления и желобом для кабельной проводки. Тысяча таких панелей присоединены к одной аккумуляторной батарее (АКБ), находящейся в технологическом отсеке, расположенном рядом с «умной дорогой», под обочиной, рис. 1, б (справа).

*Принцип работы системы «Умные дороги».* В светлое время суток солнечная энергия через солнечные панели накапливается в АКБ под обочиной дороги. Также энергия поступает от пьезоэлементов при проезде автомобиля по панели. В темное время суток энергия, накопленная в АКБ, расходуется на работу самой панели и на светодиоды, которые прорисовывают дорожную разметку и подсвечивают (в случае необходимости) определенные части дороги. Избыток электрической энергии идет к другим потребителям электроэнергии (прилегающим к дороге сооружениям, домам, предприятиям, электрозаправкам и т. п.). «Умная дорога» способна проводить динамическую подсветку дороги перед автомобилем. Это определяется программным обеспечением панели в случае необходимости [17].

В опоры верхней крышки установлены пьезоэлементы, генерирующие энергию при сжатии, они передают сигнал о том, что на панель находится под нагрузкой. По величине значения сигнала определяется масса нагрузки. При необходимости система «Умная дорога» может отслеживать не только трафик на определенном участке дороги, но и тип автомобиля, его массу и скорость движения.

Функционал системы «Умная дорога» определяется следующими позициями:

- подсветки в ночное время (динамическая светодиодная разметка и предупреждающие знаки);
- подогрев панелей в холодное время года;
- просушка панели за счет подогрева (после дождя);
- сигнальная система (предупреждение о поломках панели);
- определения веса нагрузки на панель;
- определение скорости передвижения транспортного средства;
- зарядка электромобилей от солнечных панелей;
- генерация электроэнергии;
- подсветки определенной части дороги;
- динамическая подсветка дороги перед автомобилем;
- предупреждение о необходимости снизить скорость в случае, если датчики нагрузки (пьезоэлементы) установят появление препятствия на дороге.

*Расчет солнечной панели.* Заполнение «Умной дороги» солнечными панелями составляет 75%. Для генерирования 1 кВт энергии при 100% заполнении солнечной панелью необходимо 6,6 м<sup>2</sup> «разумной дороги». Тогда определим площади дороги при 75%-ном ее заполнении солнечными панелями:

$$\frac{6,6}{100} = \frac{x}{25}, \quad x = \frac{6,6 \cdot 25}{100} = 1,65 \text{ м}^2. \quad (1)$$

Исходя из полученного значения, вычислим реальную площадь дороги на 1 кВт генерированной мощности:

$$6,6 + 1,65 = 8,25 \text{ м}^2. \quad (2)$$

Т. е. для генерирования 10 кВт мощности электроэнергии необходимо 82,5 м<sup>2</sup> дорожного покрытия системы «Умная дорога».

Т. к. радиус  $R$  шестиугольной дорожной панели составляет 0,46 м, тогда ее площадь определяется:

$$S = \frac{3\sqrt{3} \cdot R^2}{2} = \frac{3\sqrt{3} \cdot 0,46^2}{2} = 0,55 \text{ м}^2. \quad (3)$$

Рассчитаем необходимое количество дорожных панелей, которые обеспечат генерацию 10 кВт мощности электроэнергии:

Ширина одной полосы движения дороги – 3,75 м. Тогда ширина дороги с двумя полосами движения составит 7,5 м. Определим площадь участка «Умной дороги» с двумя полосами для движения, который генерирует 10 кВт мощности электроэнергии:

$$\frac{82,5}{7,5} = 11 \text{ м}. \quad (5)$$

То есть участок дороги шириной 7,5 м и длиной 11 м сгенерирует 10 кВт мощности электроэнергии за один час.

Следует учесть реальные условия (затенение дороги, загрязнение дорожных панелей, угол падения солнечных лучей на солнечные элементы панели и т. д.), которые увеличивают длину этого участка дороги до 15 м. Т.е. в реальных условиях участок дороги 7,5×15 м обеспечивает генерацию 10 кВт/ч, что соответствует площади 112,5 м<sup>2</sup>.

С учетом реальных условий эксплуатации рассчитаем количество панелей системы «Умная дорога», которые обеспечат генерирование 10 кВт мощности электрической энергии:

$$\frac{112,5}{0,55} \approx 205. \quad (6)$$

Так как 1 LED RGB светодиод максимально потребляет 0,064 Вт, следовательно, при установке 150 LED RGB светодиодов их суммарное потребление мощности будет 9,6 Вт. Тогда на светодиодное освещение для питания 205 панелей необходимо ~2 кВт мощности электроэнергии (на один час работы).

Далее рассчитаем потребляемую мощность нагревательного элемента для одной панели.

Исходя из того, что 2,7 м нагревательного волоска потребляет 50 Вт, а для одной панели достаточно 1,35 м:

$$\frac{50}{2} = 25 \text{ Вт.} \tag{7}$$

25 Вт электроэнергии необходимо для разогрева для одной дорожной панели. Для 205 панелей это соответствует:

$$25 \cdot 205 = 5,125 \text{ кВт.} \tag{8}$$

Соответственно, в зимние месяцы участок дороги, генерирующий 10 кВт мощности электроэнергии, в темное время суток будет потреблять в час:

$$5,125 + 2 = 7,125 \text{ кВт.} \tag{9}$$

Это составляет ~71,25% от общей мощности. Т. е. система «Умные дороги» способна обеспечить электроэнергией собственные потребности. При этом не учитывалась мощность сгенерированной электроэнергии от пьезоэлементов. Опираясь на экспериментальные данные, эту мощность для участка дороги 7,5×15 м можно принять равной 1...1.5 кВт/ч.

На основе полученных данных выработки электроэнергии солнечными панелями, рис. 2 (г. Харьков), с учетом КПД панели, который отвечает реальным условиям эксплуатации, вычислим значение выработки электроэнергии солнечными панелями за каждый месяц (таблица).

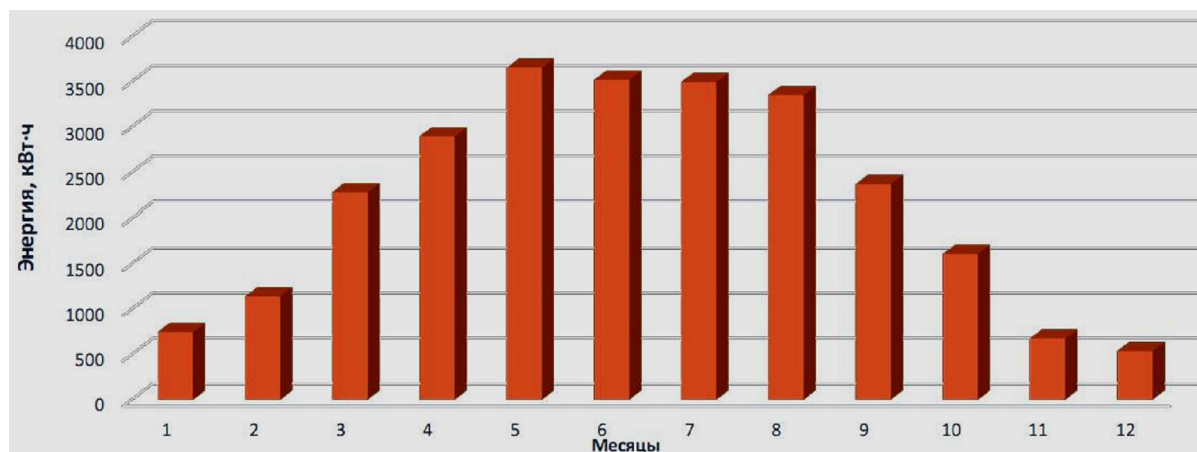


Рис. 2 – График выработки электроэнергии солнечными панелями по месяцам для г. Харькова

Таблица 1

Реальные значения выработки электроэнергии солнечными элементами дорожных панелей за каждый месяц

Месяц	Энергия (полная), кВт·ч	Энергия с учетом собственных нужд, кВт·ч	Месяц	Энергия (полная), кВт·ч	Энергия с учетом собственных нужд, кВт·ч
январь	357	139,23	июль	2380	1451,80
февраль	707	275,73	август	2275	1387,75
март	1540	600,60	сентябрь	1540	939,40
апрель	1960	1195,60	октябрь	1050	640,50
май	2520	1537,20	ноябрь	420	256,20
июнь	2450	1494,50	декабрь	350	213,50
<b>За год</b>				17549	10132,01

В результате выполненных расчетов получаем, что участок дороги шириной 7,5 м, длиной 15 м, покрытый дорожными панелями системы «Умная дорога», за год сгенерирует 17549 кВт·ч электрической энергии. На собственные нужды (обогрев в зимние месяцы и светодиодное освещение в темное время суток) будет потрачено 7417 кВт·ч. В результате, излишек энергии, которая будет направлена на нужды других потребителей, составит 10132 кВт·ч. При этом следует отметить, что это «чистая» или «зеленая» энергия, то есть полученная без сжигания углеводородного топлива.

#### Выводы

1. Предложена конструкция панелей системы «Умная дорога», описан ее принцип работы и функциональные возможности.
2. Проведена разработка и расчет панелей дорожного покрытия для системы «Умная дорога» с анализом количества сгенерированной и потребленной электрической энергии.
3. Определено, что участок дороги, покрытый панелями системы «Умная дорога» площадью 112,5 м<sup>2</sup> (7,5×15 м), способен сгенерировать 10 кВт мощности электрической энергии за 1 час своей работы.
4. В зимнее время года на собственные нужды системы «Умная дорога» (в том числе и на обогрев для растапливания льда и снега) необходимо 71,25% сгенерированной энергии.
5. Проведенные расчеты для харьковского региона Украины показали, что на 1 кВт номинальной мощности дорожными панелями системы «Умная дорога» будет сгенерировано 17549 кВт·ч, при этом внешним потребителям будет передано порядка 10132 кВт·ч.

#### Список использованных источников:

1. Дергунов С.А. Дороги будущего – дороги перемен / С.А. Дергунов, С.А. Орехов, Е.С. Бородин // Инновации в науке: сборник статей по материалам XXX междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 26 февраля 2014 г.). – Новосибирск, 2014. – С. 95-103. – Режим доступа: <http://sibac.info/13581>.
2. Гнатов А.В. Энергосберегающие технологии на транспорте / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А. Ульянец // Наукові нотатки. – Луцьк, 2016. – Вип. 55. – С. 80-86.
3. Представлено концепт ліхтаря на сонячних батареях з функцією очищення повітря [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – 2015. – Режим доступу: [www.ecotown.com.ua/news/Predstavleno-kontsept-likhtarya-na-sonyachnykh-batareyakh-z-funktsiyeyu-ochyshchennya-povitrya/](http://www.ecotown.com.ua/news/Predstavleno-kontsept-likhtarya-na-sonyachnykh-batareyakh-z-funktsiyeyu-ochyshchennya-povitrya/).
4. В Англии испытывают «электрические дороги» с беспроводной зарядкой автомобилей [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронные данные. – 2015. – Режим доступа: [www.geektimes.ru/post/260262/](http://www.geektimes.ru/post/260262/).
5. Голландцы начинают строить «вечные» пластиковые дороги [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронные данные. – 2015. – Режим доступа: [www.bigpicture.ru/?p=696783](http://www.bigpicture.ru/?p=696783).
6. Угорський стартап винайшов бруківку з переробленого пластику для отримання сонячної і кінетичної енергії [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – 2017. – Режим доступу: [www.ecotown.com.ua/news/Uhorskyy-startap-vynayshov-brukivku-z-pereroblenoho-plastyku-dlya-otrymannya-sonyachnoyi-i-kinetychn/](http://www.ecotown.com.ua/news/Uhorskyy-startap-vynayshov-brukivku-z-pereroblenoho-plastyku-dlya-otrymannya-sonyachnoyi-i-kinetychn/).
7. Solar Roadways: как превратить дороги в электростанции [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронные данные. – 2012. – Режим доступа: [www.novate.ru/blogs/080812/21279/](http://www.novate.ru/blogs/080812/21279/).
8. Умные дороги «Solar Roadways» [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Электронные данные. – 2015. – Режим доступа: [www.blog.pwrg.ru/solar-roadways](http://www.blog.pwrg.ru/solar-roadways).
9. Pat. US D712822 S USA, LOC (10) Cl. 13-02, USPC D13/102. Solar roadway panel / S.D. Brusaw, J.A. Brusaw. – № 29/452723; filed 19.04.13; publ. 09.09.14. – 5 p.
10. Пат. 2482568 РФ, МПК Р 01 L 41/113, Е 01 F 11/00. Сбор энергии с дорог и взлетно-посадочных полос / Х. Абрамович, Е. Хараш, Ч. Милгром, У. Амит, А.Л. Эдери. – № 2482568; заявл. 19.01.09; опубл. 20.01.13, Бюл. № 14. – 37 с.
11. Gnatov A. New method of car body panel external straightening. Tools of method / A. Gnatov, Sch. Argun // International Journal of Vehicular Technology. – 2015. – Vol. 2015. – Pp. 1-7. – Mode of access: DOI: [10.1155/2015/192958](https://doi.org/10.1155/2015/192958).

12. По дорожным солнечным панелям начали ездить первые автомобили [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Электронные данные. – 2016. – Режим доступа: [www.ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1875-po-dorozhnyim-solnechnym-panelyam-nachali-ezdit-pervyye-avtomobili-frantsiya-zapustila-wattway.html](http://www.ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1875-po-dorozhnyim-solnechnym-panelyam-nachali-ezdit-pervyye-avtomobili-frantsiya-zapustila-wattway.html).
13. В Нидерландах появилась «Умная дорога» [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Электронные данные. – 2016. – Режим доступа: [www.auto.tsn.ua/news/v-niderlandah-poyavilas-umnaya-doroga-360906.html](http://www.auto.tsn.ua/news/v-niderlandah-poyavilas-umnaya-doroga-360906.html).
14. Пат. 110807 Україна, МПК Е 01 С 5/00, Е 01 С 11/24, Е 01 Н 5/00, Н 02 К 7/00. Багатофункціональні панелі дорожнього покриття / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, Г.А. Гнатова, О.Р. Киценко. – № u201603332; заявл. 31.03.16; опубл. 25.10.16, Бюл. № 20. – 4 с.
15. Пат. 110808 Україна, МПК Е 01 С 5/00, Е 01 С 17/00. Автоматична дорожня розмітка для керування рухом транспортних засобів / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, Г.А. Гнатова, О.Р. Киценко. – № u201603334; заявл. 31.03.16; опубл. 25.10.16, Бюл. № 20. – 3 с.
16. Пат. 110810 Україна, МПК Е 01 С 5/00, Е 01 С 17/00, Н 01 L 31/00. Спосіб перетворення сонячної та кінетичної енергії в електричну за допомогою дорожнього покриття / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, Г.А. Гнатова, О.Р. Киценко. – № u201603337; заявл. 31.03.16; опубл. 25.10.16, Бюл. № 20. – 2 с.
17. Аргун Щ.В. Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорт і його інфраструктура / Щ.В. Аргун, А.В. Гнатов, О.А. Ульянець // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18-27. – (Серія: Технічні науки).

## References:

1. Dergunov S.A., Orehov S.A., Borodina E.S. Dorogi budushhego – dorogi peremen. *Sbornik statei po materialam XXX Mezhd. nauch.-prakt. konf. «Innovatsii v nauke»* [The roads of the future are the roads of change. Collection of articles on the materials of the XXX Int. Sci.-Pract. Conf. «Innovations in Science»]. Novosibirsk, 2014, pp. 95-103. (Rus.)
2. Gnatov A.V., Argun Sch.V., Ulyanets O.A. Energosberegaiushchie tekhnologii na transporte [Energy-saving technologies in transport]. *Naukovi notatky – Scientific notes*, 2016, no.55, pp. 80-86. (Rus.)
3. *Predstavleno kontsept likhtaria na soniachnikh batareiyakh z funktsieiu ochishchennia povitria* (The concept of a lantern on solar panels with the function of air purification is presented) Available at: [www.ecotown.com.ua/news/Predstavleno-kontsept-likhtarya-na-sonyachnykh-batareyakh-z-funktsiyeyu-ochyshchennya-povitrya/](http://www.ecotown.com.ua/news/Predstavleno-kontsept-likhtarya-na-sonyachnykh-batareyakh-z-funktsiyeyu-ochyshchennya-povitrya/) (accessed 1 June 2017). (Ukr.)
4. *V V Anglii ispytaiut «elektricheskie dorogi» s besprovodnoi zariadkoi avtomobilei* (In England test «electric roads» with wireless charging of cars are tested) Available at: [www.geektimes.ru/post/260262/](http://www.geektimes.ru/post/260262/) (accessed 30 June 2017). (Rus.)
5. *Gollandtsy nachinaiut stroit' «vechnye» plastikovye dorogi* (The Dutch begin to build «eternal» plastic roads) Available at: [www.bigpicture.ru/?p=696783](http://www.bigpicture.ru/?p=696783) (accessed 1 June 2017). (Rus.)
6. *Ugors'kyj startap vynajshov brukivku z pereroblenogo plastyku dlja otrymannja sonjachnoi' i kinetychnoi' energii'* (Hungarian startup invented a recycled plasterboard for solar and kinetic energy) Available at: [www.ecotown.com.ua/news/Uhorskyj-startap-vynajshov-brukivku-z-pereroblenoho-plastyku-dlya-otrymannya-sonyachnoyi-i-kinetychn/](http://www.ecotown.com.ua/news/Uhorskyj-startap-vynajshov-brukivku-z-pereroblenoho-plastyku-dlya-otrymannya-sonyachnoyi-i-kinetychn/) (accessed 30 June 2017). (Ukr.)
7. *Solar Roadways: kak prevratit' dorogi v elektrostantsii* (Solar roads: how to turn roads into power plants) Available at: [www.novate.ru/blogs/080812/21279/](http://www.novate.ru/blogs/080812/21279/) (accessed 30 June 2017). (Rus.)
8. *Umnye Dorogi «Solar Roadways»* (Smart Roads «Solar Roads») Available at: [www.blog.pwrg.ru/solar-roadways](http://www.blog.pwrg.ru/solar-roadways) (accessed 30 June 2017). (Rus.)
9. Brusaw S.D., Brusaw J.A. *Roadway panel* [Roadway panel]. Patent US, no. US D712822 S, 2014.
10. Abramovich Kh., Kharash E., Milgrom Ch., Amit Uri, Ederi Azulai Liusi *Sbor energii s dorog i vzletno-posadochnykh polos* [Collection of energy from roads and runways]. Patent RF, no.2482568, 2013. (Rus.)
11. Gnatov A., Argun Sch. New method of car body panel external straightening. Tools of method. *International Journal of Vehicular Technology*, 2015, vol. 2015, pp. 1-7. doi: 10.1155/2015/192958.

12. *Po dorozhnym solnechnym paneliam nachali ezdit' pervye avtomobili* (On the road solar panels the first cars began to drive) Available at: [www.ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1875-po-dorozhnym-solnechnym-panelyam-nachali-ezdit-pervye-avtomobili-frantsiya-zapustila-wattway.html](http://www.ecotechnica.com.ua/energy/solntse/1875-po-dorozhnym-solnechnym-panelyam-nachali-ezdit-pervye-avtomobili-frantsiya-zapustila-wattway.html) (accessed 30 June 2017). (Rus.)
13. *V Niderlandakh poiavilas' «Umnaia doroga»* («Smart Road» appeared in the Netherlands) Available at: [www.auto.tsn.ua/news/v-niderlandah-poyavilas-umnaya-doroga-360906.html](http://www.auto.tsn.ua/news/v-niderlandah-poyavilas-umnaya-doroga-360906.html) (accessed 30 June 2017). (Rus.)
14. Gnatov A.V., Argun Sch.V., Gnatova G.A., Kitsenko O.P. *Bagatofunkcional'ni paneli dorozhn'ogo pokryttja* [Multifunctional road surface panels]. Patent UA, no.110807, 2016. (Ukr.)
15. Gnatov A.V., Argun Sch.V., Gnatova G.A., Kitsenko O.P. *Avtomatychna dorozhnja rozmitka dlja keruvannja ruhom transportnyh zasobiv* [Automatic road marking for driving vehicles]. Patent UA, no.110808, 2016. (Ukr.)
16. Gnatov A.V., Argun Sch.V., Gnatova G.A., Kitsenko O.P. *Sposib peretvorennja sonjachnoi' ta kinetychnoi' energii' v elektrychnu za dopomogoju dorozhn'ogo pokryttja* [A method of converting solar and kinetic energy into electric by means of road sweep]. Patent UA, no.110810, 2016. (Ukr.)
17. Argun Sch.V., Gnatov A.V., Ulyanets O.A. *Ekologichnii ta energoefektivnii atomobil'nii transporti iogo infrastruktura* [Ecological and energy-efficient atomic transport of its infrastructure]. *Visnik Zhitomir'skogo derzhavnogo tekhnologichnogo universitetu. Seriya: Tekhnichni nauki – The Journal of Zhytomyr state technological university. Series: Engineering*, 2016, no.2(77), pp. 18-27. (Ukr.)

Рецензент: Д.М. Клец  
д-р техн. наук, проф., ХНАДУ

Статья поступила 11.07.2017

УДК 656.025.2(1-21)

© Бурлакова Г.Ю.<sup>1</sup>, Данилова Т.Г.<sup>2</sup>

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАТИВНОСТІ СИСТЕМ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*У статті розглянуто та проаналізовано значення оптимальної системи організації міських пасажирських перевезень, досліджується можливість застосування двох варіантів існуючих систем організації перевезень пасажирським міським транспортом, проаналізована необхідність впровадження в роботу міського транспорту єдиного диспетчерського (логістичного) центру.*

**Ключові слова:** міський пасажирський транспорт, система пасажирських перевезень, транспортна мережа, єдиний диспетчерський (логістичний) центр.

**Бурлакова Г.Ю., Данилова Т.Г. Исследование вариативности систем организации городских пассажирских перевозок.** В статье рассмотрено и проанализировано значение оптимальной системы организации городских пассажирских перевозок, исследуется возможность применения двух вариантов существующих систем организации перевозок пассажирским городским транспортом, проанализирована необходимость внедрения в работу городского транспорта единого диспетчерского (логистического) центра.

**Ключевые слова:** городской пассажирский транспорт, система пассажирских перевозок, транспортная сеть, единый диспетчерский (логистический) центр.

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, [galochkagoogl@gmail.com](mailto:galochkagoogl@gmail.com)

<sup>2</sup> канд. техн. наук, доцент, старший науковий співробітник, ДП «ДержавтотрансНДІпроект», м. Київ.