

УДК 629.341

СУЧАСНІ ДОРОГИ ТА ДОРОГИ МАЙБУТНЬОГО, ЇХ ВИДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ

**А.В. Гнатов, проф., д.т.н., Щ.В. Аргун, доц., к.т.н., О.Р. Киценко, студент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

***Анотація.** Проведено аналіз існуючих енергоефективних технологій в дорожній промисловості, а саме: доріг із фотолюмінесцентною фарбою, доріг із функцією підзарядки, доріг із сонячними панелями, пластикових доріг. Розглянуто систему Solar Roadways, яка є найбільш технологічною та інноваційною.*

***Ключові слова:** інноваційна дорога, дороги майбутнього, акумуляторна батарея, сонячні панелі, енергозбереження, джерела енергії, альтернативні джерела енергії.*

СОВРЕМЕННЫЕ ДОРОГИ И ДОРОГИ БУДУЩЕГО, ИХ ВИДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

**А.В. Гнатов, проф., д.т.н., Щ.В. Аргун, доц., к.т.н., О.Р. Киценко, студент,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет**

***Аннотация.** Проведен анализ существующих энергоэффективных технологий в дорожной промышленности, а именно: дорог с фотолюминесцентной краской, дорог с функцией подзарядки, дорог с солнечными панелями, пластиковых дорог. Рассмотрена система Solar Roadways, которая является наиболее технологичной и инновационной.*

***Ключевые слова:** инновационная дорога, дороги будущего, аккумуляторная батарея, солнечные панели, энергосбережение, источники энергии, альтернативные источники энергии.*

MODERN ROADS AND THE ROADS OF THE FUTURE, THEIR TYPES AND PROSPECTS

**A. Hnatov, Prof., Ph. D. (Eng.), S. Argun, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
O. Kitsenko, St., Kharkiv National Automobile and Highway University**

***Abstract.** Analysis of existing energy efficiency technologies in the road industry, namely: roads with a photoluminescent paint, road charging function, roads with solar panels, plastic roads is carried out in the given work. The system of Solar Roadways, which is the most technologically advanced and innovative one is considered.*

***Key words:** innovative road, road of the future, battery, solar panel, energy saving, energy sources, alternative energy sources.*

Вступ

Автомобільні дороги є найважливішою складовою частиною транспортної інфраструктури. Їх модернізація сприяє економічному зростанню, вирішенню соціальних завдань та забезпеченню національної безпеки кожної країни [1]. Останнім досягненням сучасності стало проектування, розробка та впровадження у практику доріг нового покоління – «розумних доріг». Така дорога світиться в

темряві, попереджає водіїв про появу небезпечних ділянок, відстежує стан трафіку і реагує на проблеми, що виникли, «підзаряджається» і «заряджає» автомобілі під час їх руху тощо, тобто оснащена комплексом останніх досягнень науки і техніки. «Розумні дороги» набагато більш функціональні, зручні, безпечні й екологічні, на відміну від сучасних автомобільних трас.

Аналіз публікацій

Бурхливе зростання чисельності транспортних засобів, висока автомобілізація та збільшення інтенсивності руху транспортних потоків вимагає перегляду вимог до основних споживчих властивостей автомобільних доріг. Тому останнім часом галузь дорожнього господарства переживає період інтенсивного розвитку [2]. У світі намітилися тенденції до активної реалізації глобальних фінансових програм, спрямованих на перетворення і поліпшення якості доріг із впровадженням нових матеріалів і технологій. Зараз дороги вже варто сприймати не як відокремлений елемент будівництва, а як яскраву невід'ємну ланку всього архітектурного ансамблю місцевості, що підкреслює красу і неповторність будь-якого міста. До того ж сучасні дороги повинні стати джерелом енергії. Вони не тільки будуть забезпечувати свої власні потреби, але і віддавати надлишок іншим споживачам [3–6].

Мета і постановка завдання

Метою роботи є проведення аналізу існуючих видів сучасних інноваційних доріг та перспектив їх використання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: провести аналіз доріг із динамічною фарбою задля розгляду принципів освітлення нового типу для сучасних доріг; провести аналіз доріг із функцією підзарядки; розгляд доріг із сонячними панелями; розкриття технологій майбутнього – пластиківі дороги та система Solar Roadways.

Дороги з «динамічною» фарбою

Однією з перших ідей при розробці нових інноваційних доріг стало нанесення дорожньої розмітки за допомогою спеціальної фотолюмінесцентної фарби, рис. 1 [7].

Вдень фарба поглинає світлову енергію і таким чином «заряджається», а вночі – «віддає» світло в навколишнє середовище. Заряду енергії вистачає більш ніж на 10 годин. Цього цілком достатньо для освітлення доріг у темний час доби.

До цього типу інновацій також відносяться розробки зі створення спеціальних окремих

ділянок траси, що підказують водіям, які погодні умови за бортом автомобіля, висвічуючи на своїй поверхні ті або інші символи, що попереджають про сніг, ожеледь, замети тощо (рис. 2). Ці символи також нанесені спеціальною «динамічною» фарбою, яка починає випромінювати біле світло за зниження температури до нуля градусів.



Рис. 1. Дороги з фотолюмінесцентною фарбою



Рис. 2. Дороги з «динамічною» фарбою

Схожу футуристичну дорогу, що оснащена інтерактивним освітленням і повідомляє про погодні умови, розробив голландський дизайнер Daan Roose gaarde за сприяння компанії Heijmans. Невелика ділянка такої дороги була побудована в 2013 р. в голландській провінції Північний Брабант [8]. Там функцію освітлення виконує дорожня розмітка із люмінесцентної фарби, що світиться в темряві. Ця дорога не виключає і звичайні вуличні ліхтарі, але вони працюють тільки при наближенні автомобіля. Додатково периметр дороги підсвічують світлодіоди, які отримують живлення від мінівітряків. Одним із найбільш незвичайних атрибутів цієї дороги є сніжинки, що намальовані на дорожньому полотні теплочутливою фарбою (рис. 2). Коли температура дорожнього полотна опускається нижче нуля, великі сніжинки починають світитися, попереджаючи про небезпеку.

Після Нідерландів цю розробку планують застосувати у США.

Дороги, що самі себе «обслуговують», потрібні всюди. Навіть у таких економічно розвинутих країнах як Англія дуже гостро стоїть питання економії електричної енергії, тобто матеріальних ресурсів.

За матеріалами «The Sunday Telegraph» британський уряд ухвалив наказ, що після 22:00 необхідно зменшувати потужність або взагалі вимикати вуличне освітлення заради економії [9]. За рахунок таких заходів за 2011 рік дорожнє агентство заощадило 400 000 фунтів (\$ 646 000). Отже, якщо у таких країнах як Англія освітлення доріг та втілення енергоощадних технологій є актуальним, то що можна казати про Україну? Для нашої країни це одне з найважливіших питань, вирішення якого дозволить заощадити велику кількість коштів і нарешті досягти енергонезалежності [10].

Освітлення нового типу

Освітлення нових доріг більш доцільно й економічно проводити за допомогою так званих «повітряних ліхтариків» із вмонтованими датчиками руху. Ці ліхтарі перетворюють енергію і вмикаються лише при наближенні автомобіля, що значно економить ресурси. Крім того, підвищується інформативність дороги – вона стає гігантським екраном, що передає дані про дорожні умови, пробки тощо.

Дизайнер Tony Narikulam розробив концепт «зеленого» вуличного ліхтаря з функцією очищення повітря під назвою «Есо – Mushroom». Ліхтар являє собою гібрид освітлювального приладу, що працює від сонячної енергії, й системи очищення повітря (рис. 3) [11].

Принцип роботи нового пристрою полягає у тому, що навколишнє повітря всмоктується у фільтри через «капельшок» ліхтаря, очищується і випускається у вентиляційний отвір, розташований на висоті близько двох метрів – приблизно на рівні людського росту. Відфільтровані пил і бруд збираються в накопичувачі, розташованому внизу стовпа, і можуть бути видалені під час технічного обслуговування. Вся система, що підтримує роботу фільтра та світлодіодних ламп, працює за рахунок сонячних панелей, розміщених на поверхні плафона.

Такий вуличний ліхтар виконує одразу декілька важливих функцій, у тому числі може стати прикрасою як великих міст, так і маленьких містечок.

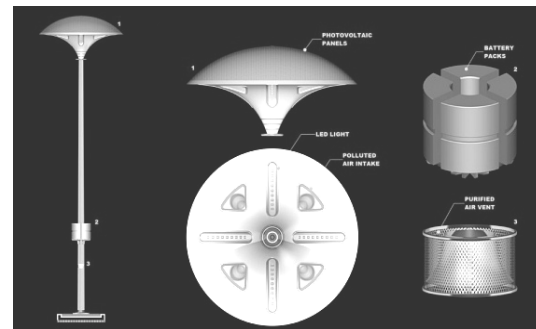


Рис. 3. Зелений вуличний ліхтар Eco-Mushroom

Ще однією цікавою розробкою поділилася компанія Continental. Вона на Всесвітньому конгресі ITS в Бордо презентувала концепцію майбутнього вуличного освітлення, яке вже проходить випробування [12]. Новинка від Continental – це інтелектуальні ліхтарі, які розпізнають, хто або що рухається вулицею (пішохід, автомобіль чи велосипедист) і, залежно від того, забезпечує відповідне освітлення дороги (рис. 4).



Рис. 4. Вуличне освітлення від Continental

Крім освітлення, нові інноваційні дороги повинні допомагати водієві: інформувати його щодо дорожніх умов, змінювати розміри дорожнього полотна і тротуарів. Наприклад, інтегрування системи GPS в дорогу допоможе вказувати шлях водієві завдяки величезним стрілкам, які будуть рухатися перед автомобілем аж до місця призначення. Передбачається, що дороги будуть виявляти порушників, привертаючи до них увагу за допомогою кола світлодіодів і супроводжуючи їх пересування світловим кільцем по проїжджій частині, попереджаючи інших учасників дорожнього руху про небезпеку (рис. 5).



Рис. 5. Дорога попереджає про небезпеку

Дороги з функцією підзарядки

Останнім часом все більше компаній займається ідеями «розумних доріг», або так званими «дорогами майбутнього».

Наприклад, зараз у Великобританії випробовують «Дороги майбутнього», здатні заряджати електромобілі прямо на ходу [13]. Великобританія не є першою країною, де розглядається питання вбудовування зарядних пристроїв для електромобілів безпосередньо в дорожнє полотно. За повідомленням британського інформаційного агентства BBC у місті Кумі (Південна Корея) в 2013 році був успішно запущений 12-кілометровий автобусний маршрут із використанням технології Shaped Magnetic Field In Resonance (SMFIR), рис. 6 [14].

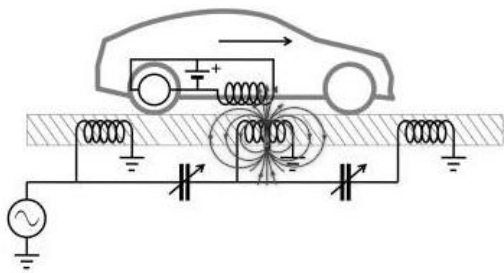


Рис. 6. Технологія SMFIR для підзарядки електротранспорту

Вказана технологія базується на методі електромагнітної індукції, коли електромагнітне поле, що створюється електричними кабелями, які проходять під дорогою, впливає на спеціальну котушку в електротранспорті, в результаті чого в ній генерується електричний струм. Але, на відміну від британської «дороги майбутнього», для успішної зарядки необхідно, щоб електричний транспортний засіб зупинився на кілька хвилин на місці, де розташовано SMFIR. Для електробусів в основному такі місця облаштовано на зупинках. Також зараз

розглядається питання розташування додаткових зарядних точок на перехрестях зі світлофорами.



Рис. 7. Дорога для підзарядки електромобілів на ходу

У Великобританії натурні випробування бездротової зарядки будуть проводитися протягом 2016–2017 рр. на закритих майданчиках, а не на дорогах загального користування (рис. 7) [15]. Орієнтовний термін проведення тестів – 1,5 роки, після чого британська влада повинна буде прийняти рішення про проведення випробувань вже на дорогах загального користування.

Можливість зарядки електромобілів на ходу відкриває чудові перспективи, але й має певні недоліки. Так, витрати на прокладку спеціальної інфраструктури і висока вартість електроенергії у Великобританії зводять нанівець всю економічну вигоду від інтегрування у транспортну систему «доріг майбутнього». У Великобританії оголошено, що вони не будуть відмовлятися від планів з установки звичайних зарядних станцій для електромобілів на автодорогах через кожні 32,1 км. Але, незважаючи на це, протягом п'яти років британський уряд має намір інвестувати в нову технологію «дороги майбутнього» близько 500 млн фунтів.

Дороги із сонячними панелями

Компанія Colas з Франції запустила виробництво нового типу дорожнього покриття «Wattway» із вбудованими в нього гігантськими сонячними панелями, призначеними для виробництва електроенергії (рис. 8) [16]. Покриття «Wattway» ще називається «сонячна дорога» (The Solar Road). Це плід п'ятирічних досліджень і розробок французької компанії Colas спільно із Французьким Національним Інститутом.



Рис. 8 Дорожнє покриття «Wattway»

Панелі можуть бути використані на будь-якій дорозі по всьому світу і здатні витримати всі види транспортних засобів, у тому числі вантажні автомобілі. Товщина покриття становить всього кілька міліметрів, але водночас воно дуже міцне, зносостійке і має тривалий термін експлуатації. «Wattway» встановлюється прямо на тротуарі без застосування яких-небудь додаткових інженерно-будівельних робіт. Електроенергію, отриману завдяки покриттю «Wattway», крім забезпечення електрикою елементів дорожньої інфраструктури (вуличного освітлення, підсвічування знаків, живлення світлофорів тощо), також можна використовувати для електропостачання офісів і житлових будинків. Наприклад, 20 м² таких панелей можуть виробляти електрику для постачання одного будинку (без урахування опалення), а електроенергії, виробленої за допомогою 1 км панелей «Wattway», буде достатньо для організації вуличного освітлення міста з населенням у 5 тисяч осіб.

Система «Wattway» може стати базисом для майбутнього розвитку «розумних доріг», за допомогою яких можна буде більш ефективно управляти трафіком, систематизувати інформацію про стан доріг і необхідність їх технічного обслуговування, а також заряджати електромобілі. Сама концепція покриття «Wattway» із вбудованими в її основу фотоелементами є новітньою. Сонячна енергія «збирається» за допомогою тонкої плівки з полікристалічного кремнію і перетворюється в електроенергію. На нижній стороні панелі встановлено пристрій зв'язку з боковим модулем, що містить електричні елементи безпеки.

Слід зазначити, що у 2014 р. було встановлено інноваційну велодоріжку із сонячних панелей в Кромелі, Нідерланди (рис. 9) [17]. За

один рік експлуатації доріжка згенерувала 70 кВт·год на 1 м² – цього достатньо для забезпечення енергією близько трьох будинків. Загалом було вироблено понад 9800 кВт·год енергії, використовуючи простір, який раніше не приносив ніякої користі.



Рис. 9. Велодоріжка із сонячних панелей

Хоча сонячні панелі, встановлені на дахах будинків, набагато простіші й дешевші в розробці за встановлені панелі на дорогах, та простір на дахах є обмеженим, а інколи таке обладнання даху є неможливим з технічних причин. Отже, інтеграція подібних дорожніх систем в існуючу інфраструктуру є дуже багатобічною. Розробники першої «сонячної» велодоріжки розраховують, що вона окупить себе протягом 15 років, а за ці роки технологія просунеться вперед ще більше. Принаймні зараз міста, які встановлюють «сонячні» доріжки, можуть розраховувати на зменшення вартості вуличного освітлення. Крім того, з'являються можливості для зарядки електромобілів і зберігання сонячної енергії в місцевих енергомережах. І це тільки початок. Оскільки, коли інноваційні технології стануть масовими, то це, безумовно, приведе до їх здешевлення.

Тож, як бачимо, існує дуже багато способів, за допомогою яких можна використовувати тротуари, доріжки і дорожні системи для виробництва енергії.

Пластикові дороги

Голландська компанія Volker Wessels працює над проектом пластикового дорожнього покриття [18]. Втілюється концепція доріг із пластикових відходів. На відміну від традиційного підходу до дороги як до багаточасткового «пирога» з насипного або накатаного покриття, пластикове шосе буде віддаленим

аналогом «бетонки». Його будуть дуже швидко збирати на місці з блоків. При цьому окремі панелі будуть не суцільними, а порожніми. У порожнинах розмістяться кабелі, трубопроводи, колектори та інші елементи інфраструктури (рис. 10).



Рис. 10. Пластикові дороги

Конструкція пластикових доріг компанії Volker Wessels має такі переваги: практично виключається фактор неякісного покриття; повністю ліквідується необхідність проведення земляних робіт при ремонті труб, а панель, що вийде з ладу, можна буде вийняти і замінити новою. За попередніми розрахунками, пластикові дороги витримують температури від -40 до $+80$ °C та придатні для прокладки на будь-якому ґрунті, включаючи піски і болота. До того ж, вони практично не виділяють в атмосферу вуглекислий газ (на відміну від асфальту).

Першим «майданчиком» для експерименту стане голландське місто Роттердам. Учені мають дати відповідь на багато складних питань, включаючи міцність матеріалу, стійкість до хімічних речовин і ультрафіолету, безпеку в дощ, сніг, ожеледь тощо.

Solar Roadways

Інженери усього світу розробляють нові перспективні проекти з перетворення «зеленої» енергетики в основний засіб отримання електрики на планеті. Одним з цих розробників є американець Скотт Брюсав, що створив проєкт із назвою «Solar Roadways». Скотт Брюсав (Scott Brusaw) пропонує перетворити самі дороги в нескінченні джерела електрики. Систему Solar Roadways можна вважати одним з найперспективніших проєктів з усіх сучасних «зелених» концептів в енергетиці (рис. 11) [3, 4, 19, 20].

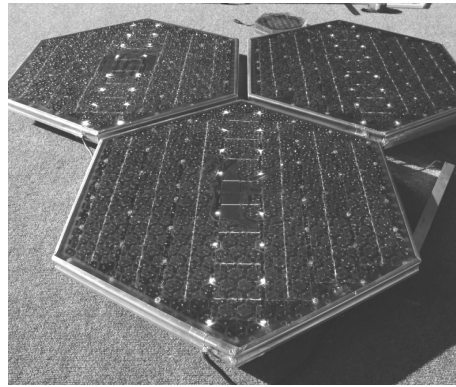


Рис. 11. Дорожнє покриття системи Solar Roadways

Концепція Solar Roadways передбачає перетворення доріг в електростанції. Адаже асфальт на них можна замінити сонячними панелями, накритими прозорими матеріалами, що пропускають світло. Протягом світлої частини доби дороги самі будуть виробляти електрику, отримуючи світло від сонця. А враховуючи величезні розміри дорожньої мережі, це дозволить будь-якій країні практично повністю позбавитися традиційних джерел енергії – ГЕС, АЕС тощо. Звичайно, це вимагатиме величезних інвестицій, але в перспективі принесе величезну користь і вкладені гроші повернуться з надлишком.

Технологія Solar Roadways передбачає не просто встановлення сонячних панелей на шосе замість асфальту, а перетворення самої дороги в інтелектуальну багатофункціональну систему, яка зможе заряджати акумулятори електромобілів, вказувати за допомогою світлодіодних вставок напрямки або навіть попереджати водіїв про небезпеки на дорозі. Цей інноваційний продукт виконує не лише свою пряму функцію, але і вирішує ряд супутніх завдань.

Наприклад, система Solar Roadways передбачає створення вздовж дороги «кабельного коридору», в який можна помістити будь-які типи кабелів і секції, призначені для збору та очищення зливових вод. На думку розробників, в цілому їхній винахід допоможе вирішити проблему використання вичерпних природних ресурсів, таких як нафта та газ. Винахідниками та новаторами запропоновано та розроблено безліч корисних пристроїв та систем, що можуть знайти своє застосування на звичайних дорогах. Тому відзначимо тільки той з них, що вже успішно застосовується – це Lybra.

Інженерами з Апеннінського півострова у співпраці з «Політехнічним університетом Мілану» були розроблені передові технології, які отримали назву «Lubra», або «підземне живлення» (рис. 12). Основна ідея полягає в перетворенні кінетичної енергії, отриманої від коліс автомобілів, в електричну.

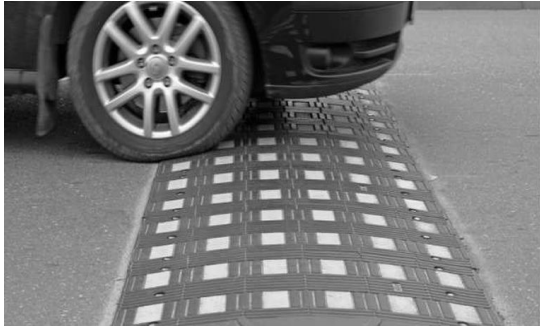


Рис. 12. Пристрій Lubra

Сам пристрій – штучна дорожня нерівність («лежачий поліцейський»), яка розміщується на перехрестях, пішохідних переходах, автостоянках і, крім обмеження швидкості автомобілів, з метою поліпшення безпеки, покликана перетворювати й акумулювати енергію.

Габарити Lubra становлять: 100 мм у висоту, 3000 мм в ширину, 1000 мм в довжину. Пристрій може витримувати навантаження до 60 тонн. Вже було створено ланцюг з 10 пристроїв, які розташували на досить жвавій кільцевій магістралі Мілана. Ця інновація виробляє 100 000 кВт·год електроенергії на рік. Для порівняння, така ж кількість енергії виробляється при використанні дев'ятнадцяти тонн нафти.

Висновки

Проведений аналіз існуючих видів сучасних інноваційних доріг та перспектив їх використання дозволяє сформулювати такі твердження.

Одним з найперспективніших проектів з усіх сучасних «зелених» концептів в енергетиці в царині дорожньої інфраструктури можна вважати систему Solar Roadways – найбільш технологічний та інноваційний продукт, що забезпечує електричною енергією не лише свої власні потреби, а й потреби інших споживачів. Це досягається завдяки перетворенню енергії сонця в електричну. Можна стверджувати, що Solar Roadways перетворює дороги в електростанції. До того ж, такі сис-

теми самостійно прорисовують дорожню розмітку та можуть її динамічно змінювати залежно від наявних дорожніх умов. Усі інші системи можна розглядати як проміжний етап від нинішніх доріг до Solar Roadways або іншої інноваційної дорожньої системи зі значно більшим функціоналом.

Технології Lubra необхідно використовувати на дорогах зі значною кількістю пішохідних переходів та іншими дорожніми й безпековими особливостями, що вимагають від транспортних засобів значного зниження швидкості. Також технологія Lubra може використовуватися сумісно з іншими інноваційними дорожніми системами. Підзарядка транспортного засобу під час руху є достатньо привабливою для застосування на громадському електротранспорті – електробусах. Особливо це стосується центрів великих міст, де проблема забруднення вихлопними газами транспортних засобів є найбільш актуальною. Адже такий електробус здатний перевозити людей без шкоди для навколишнього середовища та не потребує багатогодинної зарядки свого блоку запасу енергії (блоку акумуляторних батарей або блоку суперконденсаторів).

Загальним недоліком усіх інновацій є складність виготовлення, що неодмінно позначається і на вартості. Та, незважаючи на це, застосування новітніх дорожніх систем є привабливим та перспективним, оскільки не завжди економічна доцільність переважає питання дорожньої та екологічної безпеки, естетики та зручності користувачів доріг. Тож, за інтеграцією сучасних розробок у транспортну систему країни – майбутнє.

Література

1. Транспортна інфраструктура / Матеріали сайту. – 2016. – Режим доступу: <http://bagrationovsk.gov39.ru/about/transportnaya-infrastruktura>.
2. Дороги будущего – дороги перемен // Матеріали сайту – 2014. – Режим доступу: <http://sibac.info/conf/innovation/> xxx/37118.
3. Welcome to Solar Roadways. 2016. Available online: <http://www.solarroadways.com>.
4. United States Design Patent № US D 712,822 S Solar Roadway panel. Scott Da-

- vid Brusaw, Julie Ann Brusaw, Sep. 9, 2014.
5. Гнатов А. В. Энергосберегающие технологии на транспорте / А.В. Гнатов, Щ.В. Аргун, О.А. Ульянец // Наукові нотатки. – 2016. – Вип. 55. – С. 80–86.
 6. The track in the US will get a «smart» road surface. 2016. – Available at: <http://econet.ru/articles/122258-trassa-v-ssha-obzavedetsya-umnym-dorozhnyum-pokrytiem>.
 7. В Голландии появились первые дороги, которые светятся в темноте // Матеріали сайту. – 2014. – Режим доступу: <http://vilingstore.net/Tehnologii-gadzhetny-kompyutery-telefony-roboty-cl/V-Gollandii-poyavilis-pervye-dorogi-kotorye-svetyatsya-v-temnote-il58533>.
 8. Умная дорога с интеллектуальным жизнеобеспечением <<SMART HIGHWAY>> // Матеріали сайту. – 2014. – Режим доступу: <http://blog.pwrg.ru/smart-highway/>.
 9. В Нидерландах построят первую в мире – «умную дорогу» // Матеріали сайту – 2012. – Режим доступу: <http://zaqw.ru/tekhnologii-mira/319-v-niderlandakh-postroyat-pervuyu-v-mire-umnuyu-dorogu>.
 10. Не традиційні електрохімічні системи перетворення енергії / Євген Кузьмінський, Геннадій Колбасов, Ярема Тевтуль, Наталія Голуб. – К.: Академперіодика, 2002. – 180 с.
 11. Представлено концепт ліхтаря на сонячних батареях з функцією очищення повітря // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: <http://ecotown.com.ua/news/Predstavleno-kontsept-likhtarya-na-sonyachnykh-batareyakh-z-funktsiyeyu-ochyshchennya-povitrya/>.
 12. Continental представила «умную» систему уличного освещения // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: <http://autogeek.com.ua/continental-predstavila-umnuyu-sistemu-ulichnogo-osveshheniya>.
 13. В Великобритании испытают «дороги будущего» // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: http://www.proenergo.net/2015/08/blog-post_16.html.
 14. World's first road-powered electric vehicle network switches on in South Korea // Матеріали сайту. – 2013. – Режим доступу: <http://www.extremetech.com/worlds-first-road-powered-electric-vehicle-network-switches-on-in-south-korea>.
 15. Беспроводная зарядка электромобилей во время движения уже в ближайшей перспективе // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: http://pcnews.ru/top/blogs/2day/bespровodnaa_zaradka_elektromobilej_vo_vrema_dvizheniya_uze_v_blizajsej_perspektive-652881.html.
 16. Будущее уже наступило // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: <http://teslauto.ru/francuzskaja-kompanija-sobiraetsja-prevratit-avtomobilnye-dorogi-v-solnechnye-jelektrostantsii/>.
 17. Первая в мире солнечная дорожка для велосипедистов генерирует больше энергии, чем ожидалось // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: <http://sunbeam.dp.ua/a219819-pervaya-mire-solnechnaya.html>.
 18. Пластиковые дороги будущего // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: <http://ribalych.ru/2015/07/15/plastikovye-dorogi-budushhego/>.
 19. Solar Roadways: как превратить дороги в электростанции // Матеріали сайту. – 2012. – Режим доступу: <http://econet.ru/articles/1682-solar-roadways-kak-prevratit-dorogi-v-elektrostantsii>.
 20. Умные Дороги «Solar Roadways» // Матеріали сайту. – 2015. – Режим доступу: <http://blog.pwrg.ru/solar-roadways/>.

Рецензент: О.В. Бажинов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.