

АЛГОРИТМ ПІДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДО МАСШТАБНОГО ВИКОРИСТАННЯ АВТОДОРОЖНЬОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Щ.В. Аргун, доцент, к.т.н., ХНАДУ

***Анотація.** У роботі проведено аналіз стану доріг в Україні. Проведено аналіз альтернативних джерел енергії, що можуть бути використані у транспортній інфраструктурі. Виявлено фактори, що перешкоджають повномасштабній модернізації транспортної інфраструктури України. Розроблено алгоритм реалізації програми інтегрування енергозберігаючих технологій у транспортну інфраструктуру України.*

***Ключові слова:** альтернативна енергетика; енергозбереження; розумні дороги; електромобілі, транспортна інфраструктура*

АЛГОРИТМ ПОДГОТОВКИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ К МАСШТАБНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ АВТОДОРОЖНОГО ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Щ.В. Аргун, доцент, к.т.н., ХНАДУ

***Аннотация.** В работе проведен анализ состояния дорог в Украине. Проведен анализ альтернативных источников энергии, которые могут быть использованы в транспортной инфраструктуре. Выявлены факторы, препятствующие полномасштабной модернизации транспортной инфраструктуры Украины. Разработан алгоритм реализации программы интеграции энергосберегающих технологий в транспортную инфраструктуру Украины.*

***Ключевые слова:** альтернативная энергетика; энергосбережение; умные дороги; электромобили, транспортная инфраструктура.*

ALGORITHM FOR THE PREPARATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE FOR LARGE-SCALE USE ELECTRIC VEHICLES

Sch. Argun, assistant professor, cand. eng. sc., KhNAHU

***Annotation.** The paper analyzes the state of the roads in Ukraine. The analysis of alternative energy sources that can be used in the transport infrastructure. The factors affecting the modernization of transport infrastructure in Ukraine. The algorithm of the program of integration of energy-saving technologies in the transport infrastructure of Ukraine.*

***Keywords:** alternative energy; energy conservation; smart roads; electric vehicles, transport infrastructure.*

Вступ

Рівень розвитку сучасного суспільства досяг розуміння того, що необхідно піклуватися не тільки про сьогодні, але й про майбутнє. Паливно-ресурсні проблеми, як і проблеми

екології, в цьому аспекті займають передові позиції.

Найгострішими є екологічні проблеми міст, Які переповнені автомобільним транспортом, що є визначальним у забрудненні атмосфери.

З середини 1990-х років в ряді розвинення зарубіжних країн на загальнодержавних та міських рівнях було здійснено «Зелену податкову реформу», в результаті якої власники гібридних автомобілів та електромобілів отримали помітні податкові пільги.

До того ж, Єврокомісія запропонувала до 2050 р. заборонити використання в містах ЄС автомобілів з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ) зовсім, бо там стратегія розвитку транспорту на найближчі десятиліття ґрунтується на так званій «Білій Книзі з транспорту». І тому зараз у багатьох розвинення країнах світу почався масованій «перехід» автомобілебудівників на виробництво електромобілів і на переобладнання інфраструктури під цей вид транспорту.

Звісно, це не може не стосуватися України. З кожним роком на наш ринок приходить все більша кількість автотранспортних електротранспорту. Тому швидка підготовка транспортної інфраструктури України дозволить з легкістю прийняти і обслуговувати велику кількість електромобілів, що найближчим часом замінять звичні нам бензинові автомобілі.

У зв'язку з цим важливим завданням є розробка системних методів впровадження енергозберігаючих технологій. Це дозволить не тільки генерувати електричну енергію (ЕЕ), але й автоматизувати обслуговування доріг, забезпечити рух автотранспорту, вирішити проблему з електрозаправками, а значить і прискорить процес переходу від ДВЗ до сучасних, екологічно чистих – електричних двигунів.

Аналіз публікацій

Попит на ЕЕ зростає з кожним роком, а природні копалини джерела палива катастрофічно зменшуються. Крім того, необхідність в скороченні парникових газів також впливає на розвиток поновлюваних джерел енергії: енергії біомаси, геотермальної енергії, гідроенергії, морської енергії, сонячної енергії, енергії вітру [1-4]. Кожен з яких має свої переваги і недоліки. Тому, щоб вибрати який підходить для конкретних потреб, слід враховувати багато факторів: географічне положення місця, де потрібно генерувати ЕЕ; клімат; навантаження; матеріальні та технічні можливості [5, 6].

У транспортній галузі в останні роки почалася переорієнтація світових виробників автомобілів на випуск гібридних автомобілів і електромобілів [7-9]. Також на це вплинуло падіння цін на акумуляторні батареї і збільшення їх ємності [10, 11].

Популяризація електромобілів тягне за собою необхідність у появі великої кількості зарядних станцій [12]. Для спрощення пошуку найближчої зарядної станції найбільших операторів Європи вже створені і запущені мобільні додатки [13-16].

Існують різні види зарядних станцій, які працюють від мережі змінного і (або) постійного струму, однофазного та (або) трифазної мережі [17-20].

Так, наприклад, розроблена модель зарядної станції автомобілів, сумісної з Vehicle to Grid scenario [17]. Ця станція дозволяє встановлювати обмеження по швидкості зарядки і рівню заряду. Запропонований алгоритм обробляє різні ситуації зарядки і розрядки батареї в залежності від напруги живлення.

Але найбільший інтерес представляють зарядні станції, які не підключаються до мережі, а перетворюють сонячну енергію або енергію вітру в електричну [21]. Саме такі станції ефективно використовувати уздовж шосе в комплексі з розумними дорогами.

Альтернативні джерела енергії використовуються і на дорозі, що має назву Solar Roadways (SR) – розробка інженерів з США. Вона являє собою модульну систему панелей сонячних батарей [22, 23]. SR запобігає накопиченню снігу і льоду і забезпечує світлодіодну розмітку дороги.

Проведений аналіз показав, що як в Європі, так і в США дуже активно використовуються альтернативні джерела енергії. Отже, необхідно і далі розробляти, вдосконалювати і впроваджувати енергозберігаючі технології не тільки в економічно розвинених країнах, але і в країнах, що розвиваються. Це може стати хорошим стартом для слабких економік таких країн, як Україна. Тому спільне використання альтернативних джерел електричної енергії, об'єднаних в єдину інтелектуальну систему, інтегровану в транспортну інфраструктуру України, є нагальним, затребуваним і актуальним завданням.

Мета та постановка задачі

Мета роботи – аналіз сучасного стану автомобільних доріг в Україні і існуючих альтернативних джерел електричної енергії та розробка алгоритму підготовки транспортної інфраструктури до масштабного використання електромобілів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- провести аналіз стану доріг в Україні;
- провести аналіз альтернативних джерел енергії, що можуть бути використані у транспортній інфраструктурі;
- виявити фактори, що перешкоджають повномасштабній модернізації транспортної інфраструктури України.

Стан доріг в Україні

Перш ніж розглядати транспортну інфраструктуру в цілому, необхідно відзначити, що проблема стану доріг в Україні стоїть дуже гостро. Загальна протяжність доріг в країні становить близько 169,6 тис. км. Згідно зі статистичними даними понад 12% міжнародних доріг в Україні вимагають повної заміни [24]. Що стосується національних і регіональних доріг, то можна сказати – високоякісних також практично немає. З наведених даних на рис. 1 видно, що навіть серед міжнародних доріг України, тільки 65% можна вважати дорогами задовільної якості. І це без урахування обласних доріг, серед яких хороших практично немає.

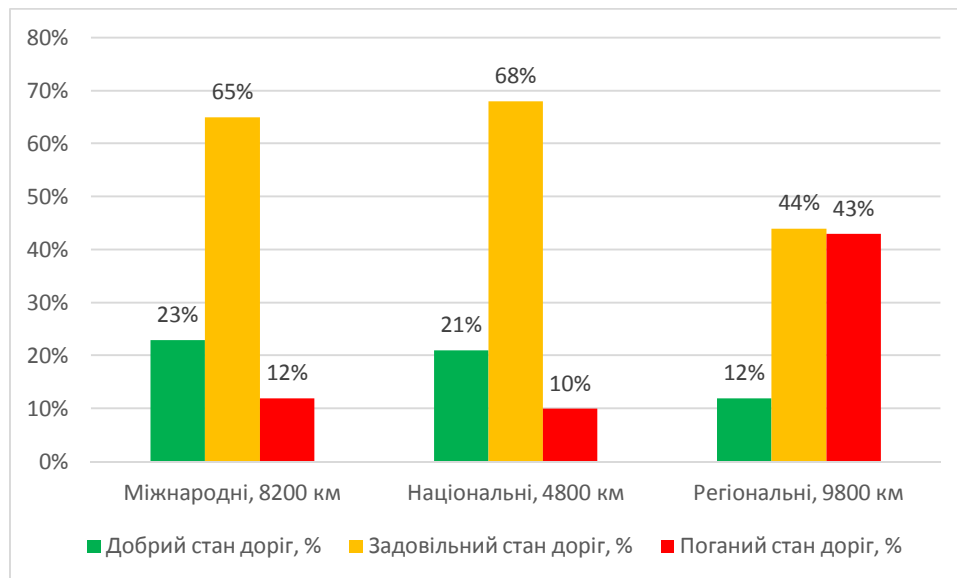


Рис. 1. Стан доріг в Україні

Незважаючи на проведення щорічного ремонту доріг, ситуація практично не поліпшується. Це пов'язано з кількома причинами до основних з яких відноситься застосування старих технологій ремонту і використання неефективних матеріалів. До того ж, поширений в Україні, так званий «ямковий ремонт» є сезонним вирішенням проблеми. Після такого ремонту через кілька місяців відбувається ще більше руйнування дорожнього покриття.

Ця, на перший погляд, плачевна ситуація може виявитися корисною для інтеграції енергозберігаючих технологій в транспортну інфраструктуру, тому що вже в будь-якому випадку дороги робити доведеться і на ці роботи щорічно виділяється фінансування. То-

му саме для України і країн, що розвиваються і мають схожі проблеми, економічно більш вигідно проводити не просто ремонт доріг, а повну заміну дорожнього полотна на сучасне.

У 2017 році український Уряд планує виділити на капітальний ремонт і на будівництво нових автодоріг близько \$ 1,1-1,5 млрд. А якщо до цієї суми додати інвестиційну підтримку, то з'явиться можливість побудувати не тільки сучасні дороги, а й об'єднати їх в єдину, злагоджену, «інтелектуальну» інфраструктуру, що стане гарною підтримкою для масштабного використання електромобілів в Україні.

Інтегрування альтернативної енергетики в транспортну інфраструктуру

До сучасної транспортної інфраструктури ставиться ряд серйозних вимог. Вона повинна бути екологічною, безпечною, незалежною, обслуговувати себе, зручною, а також такою, що вписується в природний або міський ландшафт.

Алгоритм інтегрування альтернативної енергетики в транспортну інфраструктуру представлено на рис. 2.

Відповідно до цього алгоритму, основними джерелами енергії повинні бути вітрогенератори, сонячні електростанції, перетворювачі кінетичної енергії в електричну тощо.



Рис. 2. Алгоритм інтегрування альтернативної енергетики в транспортну інфраструктуру

Перетворювачі сонячної енергії встановлюються на ліхтарі вуличного освітлення і на даху зупинок. Протягом світлового дня вони заряджають, підключені до них акумуляторні батареї, а в темний час доби – висвітлюють дорогу і прилеглі території. Також ця енергія може слугувати для підігріву зупинок і лавок в холодну пору доби, для підзарядки мобільної апаратури (телефонів, планшетів, ноутбуків тощо). Надлишки енергії можуть передаватися довколишнім споживачам.

В останні роки не тільки в європейських містах, а й в Україні з'явилася велика кількість електромобілів. Більш того, якщо буде вирішена проблема з заправними станціями для електромобілів, то це прискорить заміну автомобілів з ДВЗ на їх екологічні електроаналоги. А значить дасть поштовх для розви-

тку економіки країни. Тому дуже важливо при плануванні нової транспортної інфраструктури врахувати необхідність установки електрозаправок не тільки в населених пунктах, а й на всіх трасах (починаючи від міжнародних і закінчуючи обласними).

Ці електрозаправки повинні живитися не від загальної мережі, а від сонячних батарей, від вітрогенераторів і від самих енергогенеруючих доріг. Тоді витрати на утримання заправок будуть мінімальними, а згодом вони почнуть приносити прибуток.

Що стосується вітрогенераторів, то їх краще встановлювати далеко від населених пунктів уздовж або над автострадами [25]. Завдяки різноманітності існуючих вітрогенераторів є можливість вибрати їх конструкцію і розмі-

ри в залежності від конкретних умов експлуатації. Завдяки цьому можна досягти найбільшої ефективності їх роботи.

Але самі по собі альтернативні джерела енергії не настільки ефективні як хотілося б. Важливо об'єднати їх в єдину замкнуту систему, що і передбачають, так звані, «розумні дороги» [26-27].

У Харківському національному автомобільному-дорожньому університеті розроблено і запатентовано ряд розробок, що реалізують ідею «розумних доріг» [28-32]. Їх впровадження дозволить зробити великий стрибок у розвитку транспортної інфраструктури України, ставши передумовою широкого використання електромобілів.

Алгоритм реалізації програми інтегрування енергозберігаючих технологій у транспортну інфраструктуру

Для України актуальна не тільки проблема економії енергоресурсів, а й проблема низької якості доріг, що найчастіше є передумовою дорожньо-транспортних пригод, а нерідко і з летальними наслідками.

Для успішної і швидкої реалізації даної програми необхідно чітко слідувати алгоритму впровадження, що включає в себе наступні пункти:

- розробку методичних вказівок і технічної документації;
- пошук постачальників сучасних матеріалів і обладнання, згідно з технічною документацією;
- розробка програмного забезпечення для «інтелектуалізації» системи;
- підбір та навчання фахівців, які буду виконувати роботи з будівництва, монтажу та налагодки;
- монтаж, згідно з технічною документацією;
- електричне підключення всіх складових системи;
- установка програмного забезпечення;
- налагодження роботи;
- експлуатаційні догляд і контроль за роботою.

Слід зазначити, що кожен з представлених пунктів вимагає більш глибокого аналізу і уточнень. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення кожного аспекту та Представлені для широкого загалу.

На сьогоднішній день в Україні є фактори, що перешкоджають повномасштабній модернізації транспортної інфраструктури, таблиця 1. Щоб уникнути помилок і додаткових витрат часу і фінансів, необхідно заздалегідь їх врахувати. Їх планомірне вирішення дозволить з найменшими психологічними, фінансовими і часовими втратами вирішити поставлене завдання.

Таблиця 1 – Фактори, що перешкоджають повномасштабній модернізації транспортної інфраструктури України

	Фактори	Шляхи вирішення
1	Економічні	Пошук міжнародних інвестицій і фінансових донорів
2	Технічне обладнання	Пошук провідних виробників сучасного високотехнологічного обладнання; аналіз можливостей, розробка і запуск власних виробничих потужностей з випуску деяких позицій обладнання.
3	Людський фактор	Пошук фахівців в країнах, де вже проводилися подібні роботи; навчання власних фахівців.
4	Складність завдання	Повна заміна старих технологій на сучасні, інтелектуальні та енергоефективні

Дотримання алгоритму впровадження, згідно з алгоритмом інтегрування енергозберігаючих технологій в транспортну інфраструктуру, з паралельним вирішенням проблем, перерахованих в таблиці 1, дозволить швидко і ефективно підготувати транспортну інфраструктуру України до масштабного використання сучасного автомобільного електротранспорту.

Висновки

Проведено аналіз стану доріг в Україні, який показав, що проблема стану доріг в Україні є дуже серйозною – понад 12% міжнародних доріг вимагають повної заміни;
Проведено аналіз альтернативних джерел енергії, що можуть бути використані у транспортній інфраструктурі;
Виявлено фактори, що перешкоджають пов-

номасштабній модернізації транспортної інфраструктури України.

Розроблено алгоритм реалізації програми інтегрування енергозберігаючих технологій у транспортну інфраструктуру України.

Література

1. Ellabban O., Abu-Rub H., Blaabjerg F. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2014. – Т. 39. – С. 748-764.
2. Islam M. R., Mekhilef S., Saidur R. Progress and recent trends of wind energy technology // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2013. – Т. 21. – С. 456-468.
3. Bellekom S. et al. Electric cars and wind energy: Two problems, one solution? A study to combine wind energy and electric cars in 2020 in The Netherlands // *Energy*. – 2012. – Т. 45. – №. 1. – С. 859-866.
4. Devabhaktuni V. et al. Solar energy: Trends and enabling technologies // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2013. – Т. 19. – С. 555-564.
5. Esen M., Yuksel T. Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse // *Energy and Buildings*. – 2013. – Т. 65. – С. 340-351.
6. Shi L., Chew M. Y. L. A review on sustainable design of renewable energy systems // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2012. – Т. 16. – №. 1. – С. 192-207.
7. Eberhard M., Tarpenning M. The 21 st Century Electric Car Tesla Motors // *Tesla Motors*. – 2006.
8. Best electric cars 2016 // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <http://www.nextgreencar.com/features/7727/best-electric-cars-2016>.
9. Plugincars. // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <http://www.plugincars.com/cars>.
10. Nykvist B., Nilsson M. Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles // *Nature Climate Change*. – 2015. – Т. 5. – №. 4. – С. 329-332.
11. Ikezoe M. et al. Development of high capacity lithium-ion battery for NISSAN LEAF. – SAE Technical Paper, 2012. – №. 2012-01-0664.
12. Frade I. et al. Optimal location of charging stations for electric vehicles in a neighborhood in Lisbon, Portugal // *Transportation research record: journal of the transportation research board*. – 2011. – №. 2252. – С. 91-98.
13. Plug Surfing. Charge at 28,000 Charging Points // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <https://www.plugsurfing.com/en>.
14. The New Motion. Electric charging in Europe // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <https://www.thenewmotion.com/en/products/electric-charging-in-europe>.
15. Charge Now. Charging your electric vehicle – now easier than ever with ChargeNow // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <https://www.chargenow.com/web/chargenow-global> (on 10 September 2016).
16. Charge map // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <https://chargemap.com>.
17. Singh M., Kumar P., Kar I. A model of electric vehicle charging station compatibles with vehicle to grid scenario // *Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012 IEEE International*. – IEEE, 2012. – С. 1-7.
18. Bayram I. S. et al. Strategies for competing energy storage technologies for in dc fast charging stations // *Smart Grid Communications (SmartGridComm), 2012 IEEE Third International Conference on*. – IEEE, 2012. – С. 1-6.
19. Rotering N., Ilic M. Optimal charge control of plug-in hybrid electric vehicles in deregulated electricity markets // *IEEE Transactions on Power Systems*. – 2011. – Т. 26. – №. 3. – С. 1021-1029.
20. Song J. et al. A rapid charging station with an ultracapacitor energy storage system for plug-in electrical vehicles // *Electrical Machines and Systems (ICEMS), 2010 International Conference on*. – IEEE, 2010. – С. 2003-2007.
21. Li X., Lopes L. A. C., Williamson S. S. On the suitability of plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) charging infrastructures based on wind and solar energy // *2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting*. – IEEE, 2009. – С. 1-8.
22. Welcome to Solar Roadways // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <http://www.solarroadways.com> (on 10 September 2016).
23. The track in the US will get a «smart» road surface // *Матеріали сайту* – 2016. – Режим доступу: <http://econet.ru/articles/122258-trassa-v-ssha-obzavedetsya-umnym-dorozhnyim>

- pokrytiem (on 10 September 2016).
24. Автострада// Матеріали сайту – 2016. – Режим доступу: <http://autostrada.info/ua>.
 25. Vertical Wind Turbine // Матеріали сайту – 2016. – Режим доступу: <https://www.pinterest.com/explore/vertical-wind-turbine>.
 26. Гнатов А. В. Енергозберігаючі технології на транспорті / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О.А. Улянець. – Луцьк : Наукові нотатки, В.55. – 2016. – С. 80–86.
 27. Аргун Щ. В. Екологічний та енергоефективний атомобільний транспорт і його інфраструктура / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О. А. Улянець // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
 28. Пат. 106587 України, В 21 D 26/14. Пристрій генерування електричної енергії / Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А. ; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А. В. – № у 2015 11854; заявл. 30.11.2015; опубл. 25.04.2016, Бюл. №8.
 29. Пат. 106588 України, В 21 D 26/14. Спосіб генерування електричної енергії від кроків людського потоку / Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А. ; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А. В. – № у 2015 11853; заявл. 30.11.2015; опубл. 25.04.2016, Бюл. №8.
 30. Пат. 110807 України, E01C5/00, E01C11/24, E01H5/00, H02K7/00. Багатофункціональні панелі дорожнього покриття / Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Гнатова Г.А., Киценко О.Р.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А.В., Аргун Щ.В. – № у 2016 03332; заявл. 31.03.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. №20.
 31. Пат. 110808 України, E01C5/00, E01C17/00. Автоматична дорожня розмітка для керування рухом транспортних засобів / Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Гнатова Г.А., Киценко О.Р.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А.В., Аргун Щ.В. – № у 2016 03334; заявл. 31.03.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. №20.
 32. Пат. 110810 України, E01C5/00, E01C17/00, H01L31/00. Спосіб перетворення сонячної та кінетичної енергії в електричну за допомогою дорожнього покриття / Гнатов А.В., Аргун Щ.В., Гнатова Г.А., Киценко О.Р.; заявник та патентовласник Харківський нац. автом.-дорожн. ун.-т., Гнатов А.В., Аргун Щ.В. – № у 2016 03337; заявл. 31.03.2016; опубл. 25.10.2016, Бюл. №20.

Рецензент: А.В. Гнатов, професор, д.т.н., ХНАДУ.