

*Балицький О. І., д.т.н., проф.; Колесніков В. О., к.т.н.; доц.; Іщенко Б. М.*

## **ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ВОДНЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ. ЧАСТИНА 1**

*В роботі в стислій формі наведені деякі відомості, що стосуються розвитку водневих технологій в тому числі пов'язаних з транспортною галуззю*

Зараз в високо розвинутих країнах відбувається перехід до нових видів екологічного видів палива. Один з таких видів є застосування водню, але для подальшого переходу необхідно розвивати та впровадження нові технології в тому числі і інфраструктуру. Мета роботи полягає в продовженні систематизації інформації стосовно впровадження та застосування «водневих» технологій в автомобільній галузі.

Раніше авторами, деякі аспекти, що стосуються впровадження нових технологій та підходів, щодо водневостійких матеріалів та впливу водню на властивості матеріалів були висвітлені в наступних роботах [1-24].

Бензинові та дизельні автомобілі зараз домінують на авторынку, а електромобілі та гібриди дуже повільно завойовують популярність. До останніх хочуть приєднати автомобіль на альтернативному паливі – водневих паливних елементах.

Водневий двигун (мотор) – різновид двигуна, де використовується для отримання енергії водень як пальне. Двигун складається з двох основних частин – це паливний елемент, як первинний генератор енергії та електродвигун, який її використовує для зміни її типу.

Автомобілі на водневому паливі умовно можна розділити на три класи.

**Перший** – це машини зі звичайним двигуном внутрішнього згорання, який працює на водні або водневій суміші. Такі моделі можуть працювати на чистому водні або 5-10 % (відсотків) водню додають до основного палива. В обох випадках ККД двигуна збільшується (у другому випадку приблизно на 20 %) і вихлоп стає набагато чистішим (вміст чадного газу (CO) і вуглеводнів (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) зменшується в півтора рази, оксидів нітрогену (N<sub>n</sub>O<sub>m</sub>) – до п'яти разів). Такі двигуни й автомобілі були сконструйовані й пройшли всі випробування у нас і за кордоном приблизно ще у 1970-1980-х роках. Однак, з огляду на витрати та складності конструкторського плану, цей тип може розглядатися тільки проміжним, перехідним етапом на шляху до третього типу.

**Другий** – це машини з двома електроносіями, так звані гібридні, їх колеса рухає електропривод, енергію якому постачає акумулятор, що своєю чергою заряджається від високоекономічного двигуна внутрішнього згорання, що працює на водні або суміші водню з бензином. Це дуже вигідно, адже ККД електродвигуна сягає 90-95 % на відміну від бензинового (35 %) або дизельного (50 %). Таким чином, загальний ККД підвищується до 30 %, відповідно знижується витрата палива. Навіть якщо для підзарядки акумулятора використовується бензин, об'єм шкідливих викидів дозволить вкластися в норми «Євро-4» із десятикратним запасом. Але другий тип не можна розглядати завжди як 100 відсотково водневим. Різновид такого автомобіля представив Mercedes-Benz.

**Третій** – справжній водневий автомобіль – це машина з електродвигуном, який працює від паливного елемента, що знаходиться в автомобілі. Теоретично ККД паливного елемента, що працює на суміші водень – повітря, може перевищувати 85 %. Зараз вже вдалося одержати двигуни з ККД близько 75 % – це більш ніж удвічі вище відповідного показника найкращих двигунів внутрішнього згорання. В умовах міста такі машини одержать п'яти-шестиразову перевагу над звичайними автомобілями. На рис. 1. наведено пристрій та влаштування автомобіля Toyota Mirai.

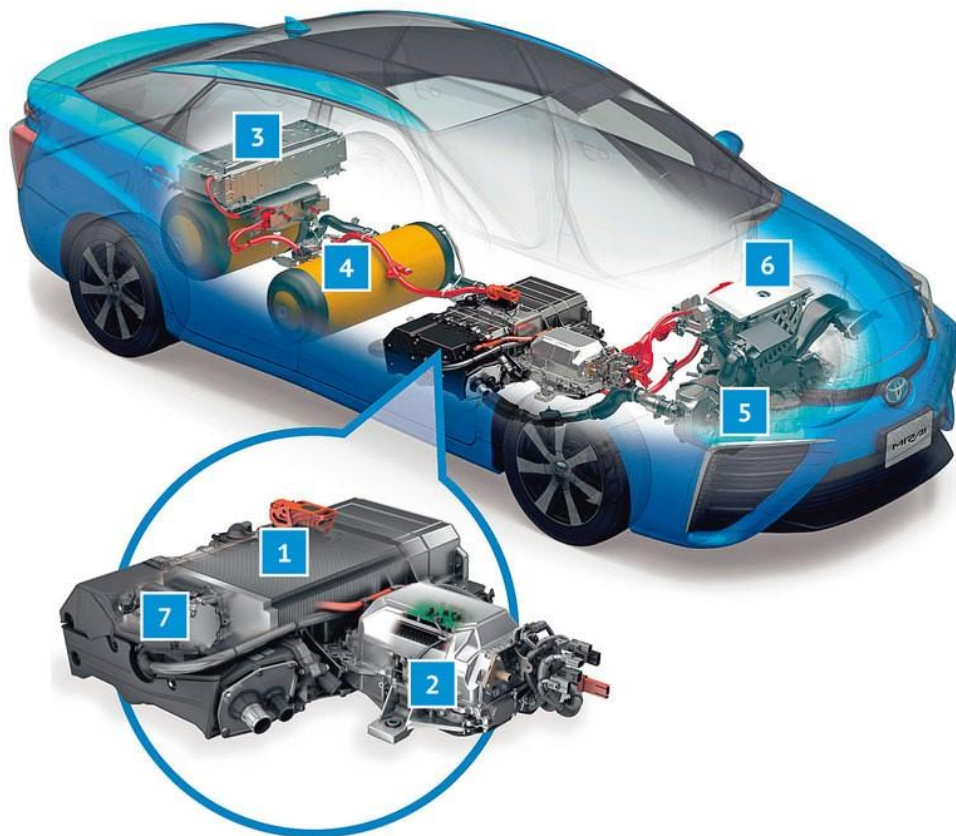


Рисунок 1 – Влаштування автомобіля Toyota Mirai

Позиціями на рисунку 1 є: 1. Блок паливних елементів. Використано перші серійно вироблені концерном Toyota паливні елементи з високою питомою потужністю на одиницю об'єму (3,2 кВт / л) Максимальна потужність: 124 кВт. 2. Перетворювач, що підвищує та перетворює постійний струм, що виробляється паливним елементом, в змінний з підвищенням напруги до 650 В. 3. Нікель-метал-гідридний акумулятор запасає енергію, яка рекуперується при гальмуванні. При рушанні з місця живить двигун спільно з паливним елементом. 4. Балони високого тиску. Робочий тиск всередині: 700 атм. Внутрішній об'єм: 60 л (передній балон) 62,4 л (задній балон). 5. Електричний мотор. Синхронний електродвигун змінного струму: максимальна потужність - 113 кВт (153,6 к.с.) максимальний крутний момент - 335 Нм. 6. Блок управління управляє паливним елементом, а також зарядкою / розрядкою акумуляторної батареї. 7. Додаткові пристосування. Помпа для підкачування водню та ін.

**Паливний елемент.** Паливний елемент, що працює на водні, – по суті й є водневим двигуном. Паливний елемент (інакше – електрохімічний генератор) – це пристрій для перетворення хімічної енергії на електричну. Те ж відбувається й у звичайних електричних акумуляторах, але в паливних елементах є дві важливі відмінності: по-перше, вони працюють доти, поки надходить паливо; по-друге, паливний елемент не потрібно перезаряджати.

Паливний елемент складається з багатьох десятків комірок, кожна приблизно в сантиметр завтовшки. Кожна комірка складається з двох електродів, розділених електролітом. На один електрод (анод) підводиться паливо (водень), на інший (катод) – окисник (кисень повітря). Водень тут не згоряє, хімічна реакція окиснення відбувається при низькій температурі в присутності каталізатора. Мета роботи пристрою, використовуючи цю реакцію, розділити позитивний і негативний заряди в просторі й створити між ними напругу. Тому електроліт, який заповнює простір між електродами, повинен мати здатність пропускати крізь себе протони (тобто іони водню) і не пропускати електрони. На аноді водень розпадається на електрони і протони, далі протони проходять крізь шар електроліту, досягають катода і, з'єднуючись із киснем, утворюють воду. Однак у питаннях отримання якісного й недорогого

електроліту наука поки що зазнає величезних труднощів. Полімерний електроліт американської фірми «Дюпон» коштує близько 700 євро за м<sup>2</sup>, а на батарею для середнього автомобіля потрібно десятки квадратних метрів такого матеріалу. Зрозуміло, що при такій вартості електроліту неможливо налагодити серійний випуск водневих автомобілів. Ученими всього світу ведуться інтенсивні дослідження з метою здешевлення цього матеріалу й використання його при більш високих температурах (150-200°C).

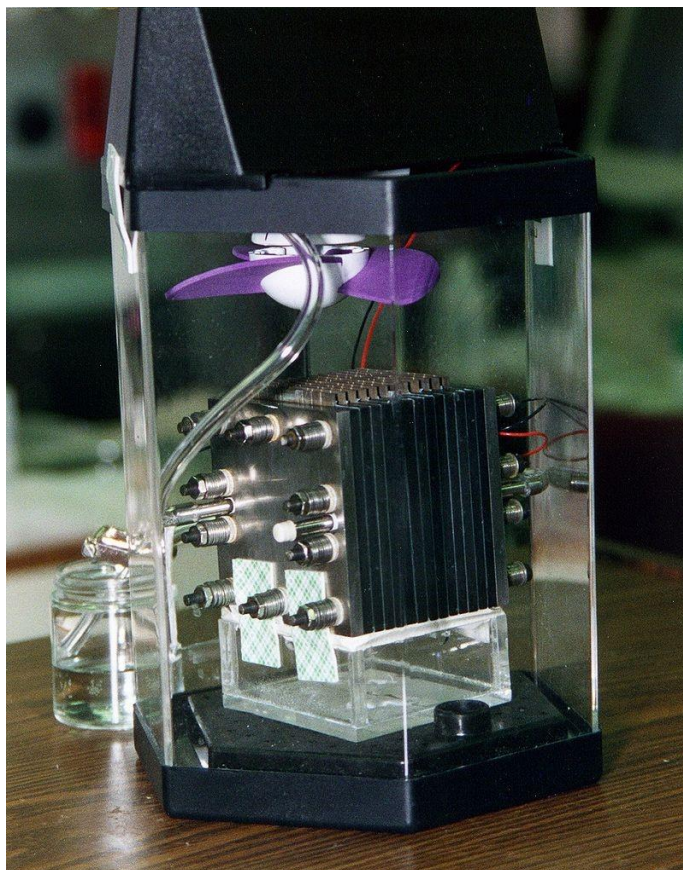


Рисунок 2 – Метаноловий паливний елемент

Паливний елемент (англ. fuel cell) – електрохімічний генератор, який забезпечує пряме перетворення хімічної енергії на електричну. На відміну від традиційних електричних акумуляторів, де відбуваються аналогічні перетворення, паливні елементи мають дві важливі особливості: вони функціонують доти, доки паливо (відновник) та окиснювач надходять із зовнішнього джерела; хімічний склад електроліту в процесі роботи не змінюється, тобто паливний елемент не треба перезаряджати.

Назва «паливний елемент» аж до 1969 року вважалась умовною. Можливі різні варіанти комбінацій палива та окислювача. Так, водневий паливний елемент використовує водень як паливо та кисень (зазвичай з повітря) як окислювач. Також паливом можуть слугувати вуглеводні та спирти, а окислювачами повітря, хлор, оксид хлору.

Принцип дії паливних елементів заснований на хімічній реакції окислювача і палива, в результаті якої безпосереднім шляхом отримують електроенергію. Подібну реакцію можна спостерігати при згорянні палива у спеціальних печах, проте в паливних елементах окисно-відновна реакція не супроводжується виділенням диму та полум'я. Реагенти, якими часто використовують водень і кисень, із заданою швидкістю подають від спеціальних pomp до електродів, занурених в електроліт з розчину їдкого калію. Електроди, які зазвичай виготовляють з нікелю, в реакції не беруть участь, і тому вони не вимагають постійних заміन. На негативному електроді, до якого подають відновник водень, утворюються електрони. Навколо позитивного електрода, до якого підводять окисник кисень, виникають іони.

Паливні елементи на фосфорній кислоті широко використовуються в лікарнях, готелях, школах, на терміналах в аеропортах. Цей напрямок розробляє досить багато фірм. Проте, такі автомобілі дуже дорогі: вартість експериментального легкового автомобіля становить від \$200 тис. до \$1 мільйона.

Японська фірма Генерах розробила автомобіль з двигуном на водневому паливі, в бак якого заливається вода. 1 л води вистачає щоб проїхати 80 км. Силова установка такого з паливних елементів мембранного типу, а вартість такого автомобіля поки \$1 мільйон. Але поширена також думка, що це шахрайство на кшталт вічного двигуна.

Під егідою НАТО готується науковий проєкт «Zero Emission SOFCs Operating on Methane Hydrates for Energy Security» з використанням паливних елементів, розроблених в Україні для отримання електроенергії з газогідратів Чорного моря. В ньому будуть брати участь наукові колективи зі США, Росії, України, Білорусі, Азербайджану.

Дослідження ефективності використання паливних елементів в якості бортового джерела електроенергії бойових машин проводяться Командуванням сухопутних військ США з розвитку бойових спроможностей (United States Army Combat Capabilities Development Command, CCDC) та іншими державами-членами НАТО.

Загалом, паливний елемент на водні цілком готовий до застосування. Бракує дрібниці: зробити його компактнішим і дешевшим.

**Паливний бак.** Проблема полягає в тому, що потрібен якийсь аналог паливного бака, але ж водень у паливний бак не наллеш. Це на сьогодні складає найбільші технічні труднощі. Учені розглядають досить багато варіантів. Наприклад, можна зберігати водень в акумуляторах на основі гідридів інтерметалічних сплавів, із яких за потребою поступово вивільняється чиста речовина. Але за цим варіантом маса водню в загальній кількості речовини (так зване аспектне число) становить всього 5 %, до того ж виникає проблема зі швидкістю вивільнення водню. Можна зберігати водень у рідкому вигляді. Але, по-перше, це вимагає охолодження до температур, близьких до абсолютного нуля (відповідно, зростає вартість водню), а по-друге, заправлений у такий спосіб автомобіль повинен буде витрачати своє паливо якомога швидше. Дуже перспективний напрямок – зберігання водню в наноструктурах (вуглецевих нанотрубках), однак ці дослідження знаходяться поки що на початкових стадіях.



Рисунок 3 – Паливний бак для водню Тойти (toyota-hydrogen-high-pressure-tank)

Найперспективнішим учені вважають збереження водню в балонах високого тиску – більше 350 атм. (аспектне число до 18 % при тиску вище 500 атм.) або отримання його прямо на борті з іншого палива (метанолу чи рідких вуглеводнів: бензину, дизельного палива та ін.), у спеціальних каталітичних реакторах (аспектне число близько 10 %). Такі системи розроблені вченими й за розумних габаритів забезпечують запас водню для пробігу в кілька сотень кілометрів. Конструктори стикаються також і з іншими проблемами. Так, машина (насамперед кабіна) повинна мати систему водневої безпеки.

Для впровадження систем, що використовують водень необхідно вирішити три завдання, – як його виробляти, як його розподіляти і як його зберігати.

У Міністерстві Енергетики США вважають, що кращі металеві гідриди можуть вбирати близько 2 відсотків водню по вазі. Щоб ідея була економічно конкурентоздатною, сховище для водню повинне вбирати як мінімум 6% по вазі. Вчений Джордж Фраудакіс (George Froudakis) і його команда з Критського Університету в Греції розробили новий матеріал, використовуючи дві популярні структури з вуглецю – графен і вуглецеві нанотрубки. Цей матеріал складається з шарів графена, що вистилають паралельно один одному і підтримуваних нанотрубками.

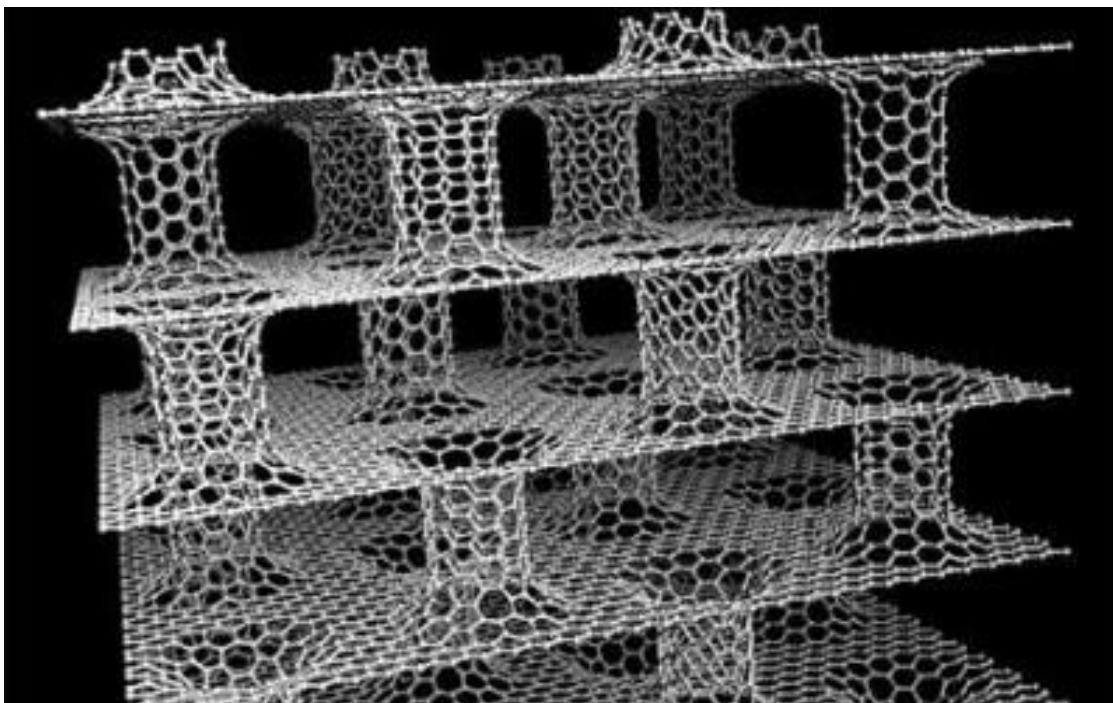


Рисунок 4 – Проект нового паливного баку для водню

Ранні підрахунки команди говорять про те, що матеріал може утримувати до 6,1% своєї ваги у водні. Зараз учені співпрацювати з Дімітросом Гоурнісом (Dimitrios Gournis) з Університету Гронінгена в Нідерландах для справжнього виробництва матеріалу. Зараз вони створили листи з 40 шарів з фуллереном замість нанотрубок як опори. Вони говорять, що до кінця року вони зможуть замінити Фуллерен нанотрубками й створити теоретичний матеріал. Після успішного створення матеріалу учені протестують його на максимальну щільність розміщення вуглецю. Якщо новий тип баків для водню виявиться економічно ефективним для масового виробництва, то проблема пошуку наступного покоління паливних баків для пристроїв, що працюють на водні, може бути вирішена.

Для нашої країни також важливо, не залишитись позаду світових тенденцій. З огляду сучасних досліджень ми маємо потенціал до дотримання цього науково-технічного напрямку.

**Висновки.** Розглянуті деякі засади створення інфраструктури для водневих автомобілів.

### Список літературних джерел

1. Колесников В.А., Ковалев С.Н., Манченко М.В., Пестров С.И. Инженерия поверхности: современное состояние и перспективы развития. // Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 12-13 травня 2009 р”. Краснодар, 2009. С. 168 – 171.
2. Колесников В.А., Верительник Е.А., Манченко М.В., Колесникова Е.Б. Перспективы использования новых пакетов компьютерных программ при изложении курсов инженерных дисциплин // XV Науково-практична конференція «Університет і регіон: Проблеми сучасної освіти» 11-12 листопада 2009 // 36. Наук. Праць СНУ.-Частина ІІ.- Луганськ.- 2009.– С. 259 - 261.
3. Колесников В.А., Верительник Е.А., Калинин А.В., Пестров С.И. Новый научный софт для изложения инженерных дисциплин // Збірник наукових праць Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (на підставі матеріалів XVI Науково-практичної конференції “Університет і регіон: проблеми сучасної освіти” 27-28 жовтня 2010 року).- Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010.– С. 256 -258.
4. Колесников В.А. Новые наноструктурированные высокоазотистые марганцевые стали // Мир Техники и Технологий, 2010. - № 6 - 7. – С. 31 – 33.
5. Колесников В.А., Балицкий А.И. Новые наноструктурированные сплавы – очередной шаг к экологической безопасности планеты // Збірник наук. Праць СНУ ім. В. Даля, № 1 (2). Прикладна екологія. - Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010.– С. 137 - 142. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/291330070\\_70\\_Kolesnikov\\_VA\\_Balickij\\_AI\\_Novye\\_nanostrukturirovannye\\_splavy\\_-\\_ocerednoj\\_sag\\_k\\_ekologiceskoj\\_bezopasnosti\\_planety\\_Zbirnik\\_nauk\\_Prac\\_SNU\\_im\\_V\\_Dala\\_No\\_1\\_2\\_Prikladna\\_ekologia\\_-\\_Lugansk\\_vid-vo\\_im\\_V](https://www.researchgate.net/publication/291330070_70_Kolesnikov_VA_Balickij_AI_Novye_nanostrukturirovannye_splavy_-_ocerednoj_sag_k_ekologiceskoj_bezopasnosti_planety_Zbirnik_nauk_Prac_SNU_im_V_Dala_No_1_2_Prikladna_ekologia_-_Lugansk_vid-vo_im_V).
6. Верительник Е.А., Колесников В.А., Колесникова Е.Б. Новые компьютерные программы для расчета прочностных свойств материалов и конструкций. ЧАСТЬ 1. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010. – № 9(151). – Частина 2. – с.11 - 15.
7. В.А. Колесников, А.И. Балицкий, О.А. Погорелов, В.В. Кузнецов, А.В. Калинин Краткий обзор новых достижений в области вычислительного материаловедения // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 9 (180) Ч.2. 2012. - С. 58 – 63. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/333950897\\_VA\\_Kolesnikov\\_AI\\_Balickij\\_OA\\_Pogorelov\\_VV\\_Kuznecov\\_AV\\_Kalinin\\_Kratkij\\_obzor\\_novyh\\_dostizenij\\_v\\_oblasti\\_vycislitel'nogo\\_materialovedenia\\_Visnik\\_Shidnoukrainskogo\\_nacionalnogo\\_universitetu\\_imeni\\_Volodimi](https://www.researchgate.net/publication/333950897_VA_Kolesnikov_AI_Balickij_OA_Pogorelov_VV_Kuznecov_AV_Kalinin_Kratkij_obzor_novyh_dostizenij_v_oblasti_vycislitel'nogo_materialovedenia_Visnik_Shidnoukrainskogo_nacionalnogo_universitetu_imeni_Volodimi)
8. Балицкий О.И., Елиаш Я., Колесников В.О., Иваськевич Л.М., Мочульський В.М., Гребенюк С.О., Глюзицький О.О. Дослідження матеріалів для розробки гібридних автомобілів // Матеріали ІV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 28-38. Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/19809/materialy2016-28-38.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
9. Balitskii A., Hawrylyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórów w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących // Obrobka skrawaniem – 10. – Obrobka skrawaniem podstawa rozwoju metrologii / Pod redakcja Jana Burka // X Szkoła Obrobki Skrawaniem, Rzeszow-Lancut, 2016. – S. 447-452.
10. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Elias, Y., Havrylyuk, M.R. Specific Features of the Fracture of Hydrogenated High-Nitrogen Manganese Steels Under Conditions of Rolling Friction. Materials Science. Volume 50, Issue 4, 1 January 2015, Pages 604-611. DOI: 10.1007/s11003-015-9760-9. URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84953347662&origin=resultlist&sort=plf-f&src=s&sid=4f73bdf9754dfdac7256947d377c3271&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%288918120300%29&relpos=1&citeCnt=1&searchTerm=>

11. O.A. Balitskii , V.O. Kolesnikov , A.I. Balitskii. Wear resistance of hydrogenated high nitrogen steel at dry and solid state lubricants assistant friction // August 2019 Archives of Materials Science and Engineering 2(98):57-67. DOI: 10.5604/01.3001.0013.4607. Режим доступу: <https://archivesmse.org/resources/html/article/details?id=193096>
12. Olexiy Balitskii, Valerii Kolesnikov Identification of Wear Products in the Automotive Tribotechnical System Using Computer Vision Methods, Artificial Intelligence and Big Data // 2019 XIth International Scientific and Practical Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT) September 16 – 18, 2019, Lviv, Ukraine. P. 24 – 27.
13. Павлова Ю. В., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Застосування адитивних технологій в автомобільній галузі // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С. 97 -102. Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2017.pdf>.
14. Прохорова Т. В., Перчемлі І. Ф., Колесніков В. О. Матеріали та технології в автомобільній промисловості // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С.105 -112. Режим доступу: <http://dspace.luguniv.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/1885/17.%20Kolesnikov.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
15. Савінова В. В., Колесніков В.О. Застосування методів комп'ютерного зору в автомобільній індустрії // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С. 113 -120. Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/21771/materialy2017-113-120.pdf?sewed=y>.
16. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С. 121 - 124. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/331960001\\_Savinova\\_V\\_V\\_Stadnik\\_O\\_I\\_Kolesnikov\\_V\\_O\\_Rozvitok\\_i\\_vprovadzenna\\_nanotehnologij\\_v\\_avtomobilah\\_Problemi\\_ta\\_perspektivi\\_rozvitku\\_avtomobilnogo\\_transportu\\_materiali\\_V-oi\\_Miznar\\_nauk-tehn\\_internet-konf\\_13-](https://www.researchgate.net/publication/331960001_Savinova_V_V_Stadnik_O_I_Kolesnikov_V_O_Rozvitok_i_vprovadzenna_nanotehnologij_v_avtomobilah_Problemi_ta_perspektivi_rozvitku_avtomobilnogo_transportu_materiali_V-oi_Miznar_nauk-tehn_internet-konf_13-)
17. Колесніков В.О. Концепція проведення діагностики технічних систем за аналізом продуктів зношування та різання // XXV відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН-2017. 27- 29 вересня 2017 р. С. 131 – 132. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/331332036\\_Kolesnikov\\_V\\_O\\_Koncepcia\\_provedenna\\_diaagnostiki\\_tehnicnih\\_sistem\\_za\\_analizom\\_produktyv\\_znosuvanna\\_ta\\_rizanna\\_Konferencia\\_molodih\\_naukovciv\\_i\\_spezialistiv\\_Fiziko-mehanicnogo\\_institutu\\_im\\_G\\_V\\_Karpenka\\_N](https://www.researchgate.net/publication/331332036_Kolesnikov_V_O_Koncepcia_provedenna_diaagnostiki_tehnicnih_sistem_za_analizom_produktyv_znosuvanna_ta_rizanna_Konferencia_molodih_naukovciv_i_spezialistiv_Fiziko-mehanicnogo_institutu_im_G_V_Karpenka_N)
18. Balitskii O., Kolesnikow W., Owsyannikow A., Lizunow S.,Eliasz J. Data science approaches to diagnostics of metal stress-strain state using semiconductor sensor suitable for system design // Badania Nieniszczące i Diagnostyka (Non-destructive testing and diagnostics). – 2018. – Vol. 4. – P. 38-41. DOI 10.26357/BNiD.2018.005. Режим доступу: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-fe303704-27bf-4852-be7e-488c9299d910?printView=true>.
19. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 31 - 36. Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/331302437\\_154\\_Kolesnikov\\_Vinnitsya\\_P31\\_36\\_Buvalec\\_M\\_U\\_Rulevska\\_T\\_F\\_Kolesnikov\\_V\\_O\\_Stan\\_vprovadzenna\\_vodnevih\\_tehnologij\\_na\\_sucasnomu\\_transporti\\_Problemi\\_ta\\_perspektivi\\_rozvitku\\_avtomobilnogo\\_transportu\\_material](https://www.researchgate.net/publication/331302437_154_Kolesnikov_Vinnitsya_P31_36_Buvalec_M_U_Rulevska_T_F_Kolesnikov_V_O_Stan_vprovadzenna_vodnevih_tehnologij_na_sucasnomu_transporti_Problemi_ta_perspektivi_rozvitku_avtomobilnogo_transportu_material)
20. Рулевська Т. Ф., Єльбакієв Д. Г., Колесніков В. О. Перспективи «водневих» автомобілів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 168 – 172. Режим доступу: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/22234/material2018-168-172.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
21. Ставицький О. В., Стадник Л. Г., Колесніков В. О. Концепція автомобіля

майбутнього // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 181 - 189.

22. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 198 - 202. Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/331303941>  
[Stadnik L D Kolesnikov V O Sonacni batarei ak dopomizne obladnanna dla elektromobiliv Problemi ta perspektivi rozvitku avtomobilnogo transportu materialy VI-oi Miznar nauk-tehn internet-konf 12-13 kvi.](https://www.researchgate.net/publication/331303941)

23. Balitskii Alexander, Valerii Kolesnikov Hydrogen effects on the formation of nickel based superalloys cutting and wear products // 22nd European Conference on Fracture - ECF22 August 26th to 31st, 2018. Belgrade, Serbia. Сербія. Белград. Режим доступу: [https://easychair.org/conferences/conference\\_info.cgi?a=17335182;track=197446](https://easychair.org/conferences/conference_info.cgi?a=17335182;track=197446).

24. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гребенюк С.О., Еліаш Я.Я., К.Ф. Абрамек. Устаткування для технічної діагностики системи поршень-втулка-циліндр при зношуванні конструкційних сплавів у водневмісному газовому середовищі. Патент на корисну модель України 127154 від 25.07.18, МПК (2016.01) G01N 3/56 (2006.01) G01N 15/10 (2006.01). Заявка № у 2017 11856; Чинна від 4.12.2017.- 4 с. Бюл.№ 14, 25.07.2018. <http://base.uipv.org/searchInvStat/>. - ідентифікатор 2484230718.

25. Водневе авто. <https://uk.wikipedia.org>.

26. Водневий двигун. <https://uk.wikipedia.org>.

27. Паливний елемент. <https://uk.wikipedia.org>.

28. Учені проєктують новий паливний бак для водню. <http://vkurse.ua/ua/technology/toplivnyy-bak-dlya-vodoroda.html>.

29. Toyota Mirai — серійний автомобіль на водороді. <https://www.sciencedebate2008.com/toyota-mirai-hydrogen-fuel-cell-vehicle/>

30. Вадим Єрченко. Mercedes-Benz випустила перший у світі водневий електрокар <https://tokar.ua/read/29205>

**Балицький Олександр Іванович** – провідний науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., н.с. співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України; доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ, e-mail: [Kolesnikov197612@gmail.com](mailto:Kolesnikov197612@gmail.com)

**Іщенко Богдан Миколайович** – магістр за спеціальністю 015 «Професійна освіта. Транспорт» кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка"



**Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Житомирський державний технологічний університет  
Технічний університет ім. Георгія Асакі, м. Ясси, Румунія  
Університет Лінчопінга, Швеція  
Департамент енергетики, транспорту та зв'язку Вінницької міської ради**

**МАТЕРІАЛИ**

**VIII-ої МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**“ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ  
АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ”**

**14-15 квітня 2020**

**MATERIALS**

**OF VIII-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC PRACTICAL  
INTERNET-CONFERENCE**

**“PROBLEMS AND PROSPECTS OF AUTOMOBILE TRANSPORT”**

**ВНТУ, Вінниця, 2020**

**УДК 629.3**

*Відповідальні за випуск* **В. В. Біліченко, В. А. Кашканов**

*Рецензенти:* **Поляков А. П.**, доктор технічних наук, професор

**Анісімов В. Ф.**, доктор технічних наук, професор

Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2020 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 320 с.

Збірник містить Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції за такими основними напрямками: проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту та транспортних засобів; сучасні технології на автомобільному транспорті; транспортні системи, логістика, організація і безпека руху; сучасні технології організації та управління на транспорті; системотехніка і діагностика транспортних машин; стратегії, зміст та нові технології підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою в галузі автомобільного транспорту.

Роботи публікуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

**УДК 629.3**

## ЗМІСТ (CONTENTS)

<u><i>Аргун Ш. В., Гнатов А. В., Гнатова Г. А.</i> Альтернативні джерела генерації електричної енергії для транспорту і його інфраструктури .....</u>	6
<u><i>Атаманюк Г. В., Горбачов П. Ф.</i> Аналіз умов застосування пішохідних переходів та визначення затримок учасників руху поза зоною впливу перехрестя .....</u>	8
<u><i>Аулін В. В., Великодний Д. О., Кернус Р. О., Мосузенко Ю. А.</i> Підвищення ефективності доставки вантажів у міжнародному сполученні .....</u>	13
<u><i>Аулін В. В., Великодний Д. О., Тирса Я. В., Кабак В. Д.</i> Оцінка ефективності функціонування міського пасажирського транспорту з урахуванням вибору маршруту пасажиром .....</u>	15
<u><i>Аулін В. В., Голуб Д. В., Біліченко В. В., Замуренко А. С.</i> Принципи самоорганізації автомобільних транспортних систем .....</u>	17
<u><i>Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О.</i> Системна концепція аналізу автотранспортної техніки та зміни її технічного стану підчас експлуатації .....</u>	20
<u><i>Балицький О. І., Колесніков В. О., Іщенко Б. М.</i> Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 1 .....</u>	23
<u><i>Балицький О. І., Колесніков В. О., Іщенко Б. М.</i> Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 2 .....</u>	31
<u><i>Бережна Н. Г., Волкова Т. В., Кутья О. В.</i> Щодо обсягів перевезення пасажирів, тенденції їх зміни і прогнозування .....</u>	46
<u><i>Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Антонюк В. Г.</i> Аналіз впливу конструктивних варіантів розпилювачів дизельних форсунок на забезпечення процесу розпилювання палива .....</u>	51
<u><i>Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Бережнов Б. П.</i> Зміна характеристик оливи в процесі експлуатації дизельних двигунів та методи їх поліпшення .....</u>	54
<u><i>Біліченко В. В., Пелипенко В. Л.</i> Підвищення ефективності гальмівних систем автомобілів .....</u>	57
<u><i>Біліченко В. В., Цимбал С. В., Базиль А. Ю., Коваль Р. В.</i> Визначення якості пасажирських перевезень .....</u>	60
<u><i>Біліченко В. В., Цимбал С. В., Цимбал О. В.</i> Методики визначення потреби в рухомому складі .....</u>	64
<u><i>Буренніков Ю. Ю.</i> Застосування системи електронного навчання e-learning в підвищенні кваліфікації працівників підприємств автомобільного сервісу .....</u>	68
<u><i>Бурлака С. А.</i> Робота двигуна Д-240 при використанні біопалива обробленого ультразвуком .....</u>	71
<u><i>Войтків С. В.</i> Аналіз компоновальних схем електромобілів малої вантажопідйомності .....</u>	75
<u><i>Войтків С. В.</i> Визначення параметрів мас електромобілів малої вантажопідйомності на стадії ескізного проектування .....</u>	84
<u><i>Войтків С. В.</i> Типи і класифікація кабін автомобілів та електромобілів малої вантажопідйомності .....</u>	91
<u><i>Володарец Н. В.</i> Использование средств нейросетевого аппарата для информационной поддержки и управления условиями эксплуатации транспортных средств .....</u>	97
<u><i>Ву Д. М., Горбачёв П. Ф., Колий А. С., Свичинский С. В.</i> Подход к распределению городских транспортных потоков на основе параметров светофорных циклов .....</u>	98
<u><i>Галушак О. О., Галушак Д. О., Антонюк В. Г.</i> Аналіз способів усунення дисбалансу в одноциліндровому ДВЗ .....</u>	103
<u><i>Гальона І. І.</i> Вибір автомобілів малої вантажопідйомності з урахуванням зміни їх конструктивних параметрів .....</u>	106

<a href="#"><u>Горяинов А. Н. Возможности реализации стандартов образования транспортной и логистической направленности (образовательная программа, учебный план) .....</u></a>	108
<a href="#"><u>Грицук І. В., Погорлецький Д. С., Симоненко Р. В. Особливості формування системи теплової підготовки двохпаливних транспортних засобів, працюючих на рідкому нафтовому паливі і зрідженому нафтовому газі .....</u></a>	112
<a href="#"><u>Захарчук В. І., Захарчук О. В., Школярчук В. О. Покращення показників двигуна під час його роботи на альтернативному паливі .....</u></a>	116
<a href="#"><u>Зыбцев Ю. В. Изменение конфигурации кривой крутящего момента ДВС при разгоне автомобиля .....</u></a>	119
<a href="#"><u>Кашканов В. А., Сульжук А. А. Аналіз методів діагностування автомобільних генераторів .....</u></a>	121
<a href="#"><u>Коваленко Р. І. Аналіз шляхів підвищення прохідності сучасних пожежних автоцистерн .....</u></a>	126
<a href="#"><u>Колесников В. А. Некоторые материаловедческие аспекты при механической обработке сталей и сплавов для транспортной и энергомашиностроительных отраслей. Часть 2 .....</u></a>	131
<a href="#"><u>Колесніков В. О. Водневі технології. Частина 1. Легкові водневі автомобілі .....</u></a>	144
<a href="#"><u>Колесніков В. О. Водневі технології. Частина 2. Вантажні водневі автомобілі .....</u></a>	158
<a href="#"><u>Колесніков В. О., Шуліка С. О., Гаврилюк М. Р. Мазильні матеріали для транспортної галузі та енергомашинобудування. Частина 1. Деякі поради щодо застосування .....</u></a>	166
<a href="#"><u>Колесніков В. О., Шуліка С. О., Гаврилюк М. Р. Мазильні матеріали для транспортної галузі та енергомашинобудування. Частина 2. Приклади випробувань .....</u></a>	179
<a href="#"><u>Колеснікова Є. Б., Колесніков В. О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні .....</u></a>	190
<a href="#"><u>Кравченко О. П., Титаренко В. Є., Шумляківський В. П., Барабаш С. С. Оцінка безпечності автомобільної дороги міста за станом протиаварійних засобів .....</u></a>	204
<a href="#"><u>Кривошапов С. И. Оценка точности определения расхода топлива в процессе стендовых испытаний автомобилей на стенде с беговыми барабанами .....</u></a>	210
<a href="#"><u>Кузель В. П., Буда А. Г., Нікіфоров Н. С. Перспективи вдосконалення зовнішніх форм кузова легкового автомобіля .....</u></a>	213
<a href="#"><u>Кукурудзяк Ю. Ю., Манджула Р. А. Діагностування системи подачі бензину порівнянням електричного та віброакустичного сигналів .....</u></a>	216
<a href="#"><u>Лаврентьева О. О., Великодний Д. О., Токовило А. Д. Методика використання середовища Flexsim у професійному навчанні студентів автотранспортного профілю .....</u></a>	218
<a href="#"><u>Лужанська Н. О., Лебідь І. Г., Яцечко С. Р. Розробка стратегії взаємовідносин вантажних митних комплексів з клієнтами .....</u></a>	220
<a href="#"><u>Лук'янченко О. Ю. Концептуальні підходи в проектах створення автомобілів оперативних служб .....</u></a>	222
<a href="#"><u>Макаров В. А., Макарова Т. В. Аспекти підходу до підготовки спеціаліста в галузі транспорту .....</u></a>	226
<a href="#"><u>Маренич А. С., Ефименко А. Н. Аналіз функціональних можливостей Matlab с расширением Simulink при исследовании движения автомобиля .....</u></a>	228
<a href="#"><u>Москаленко О. В., Кашканова А. А., Кашканов А. А. Аналіз чинників, що визначають технічний стан кузовів легкових автомобілів та впливають на безпеку руху ....</u></a>	231
<a href="#"><u>Мошноріз М. М., Постернак В. А. Інтелектуальна система пропуску автомобільного транспорту на територію підприємства .....</u></a>	237
<a href="#"><u>Музильов Д. О., Карнаух М. В. Останні тенденції при формуванні ланцюгів постачання для доставки сільськогосподарських вантажів .....</u></a>	240
<a href="#"><u>Назаров О. І., Шпінда Є. М. Підвищення ефективності гальмування легкових автомобілів, обладнаних АБС, що експлуатуються .....</u></a>	242

<u><a href="#">Павленко В. М., Кужель В. П., Галак К. С., Шалавінська К. О.</a></u> Огляд існуючих стандартів і методик випробування фрикційних пар гальм з метою дослідження стійкості руху автомобілів при гальмуванні .....	245
<u><a href="#">Павленко О. В., Анощенков В. Д.</a></u> Формування критерію вибору раціонального варіанту доставки зернових вантажів у контейнерах з Харкова до портів Чорномор'я	249
<u><a href="#">Павленко О. В., Волкова Т. В., Конькова Ю. О.</a></u> Підхід по визначенню ефективної системи управління транспортним підрозділом гірничодобувних та металургійних підприємств .....	254
<u><a href="#">Павленко О. В., Іванченко Д. Є.</a></u> Результати експериментальних досліджень по вибору ефективного функціонування складської системи підприємства .....	259
<u><a href="#">Павленко О. В., Шарий С. В.</a></u> Результати експериментальних досліджень по вибору ефективної схеми доставки збірних вантажів у контейнерах у міжнародному сполученні .....	263
<u><a href="#">Подригало М. А., Подригало Н. М., Бобошко О. А., Коряк О. О.</a></u> Вібростійкість моторно-трансмійних установок з двигунами внутрішнього згоряння .....	268
<u><a href="#">Поляков А. П., Мірний С. І.</a></u> Вибір критеріїв оцінки ефективності застосування методу формування номенклатури та кількості запасних частин для проведення робіт з технічного обслуговування вантажних автомобілів .....	272
<u><a href="#">Поляков А. П., Мороз Л. В.</a></u> Аналіз факторів, які впливають на ефективність функціонування системи технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів	274
<u><a href="#">Сакно О. П., Колеснікова Т. М., Олло В. П., Медведєв Є. П.</a></u> Моделювання зміни технічного стану автотранспортних засобів з урахуванням використання прогресивних технологій обслуговування .....	276
<u><a href="#">Сауляк Л. В.</a></u> Аналіз проблем розвитку логістики на автотранспорті .....	283
<u><a href="#">Сахно В. П., Шарай С. М., Поляков В. М., Дехтяренко Д. О.</a></u> Засади кластеризації в процесах управління діяльністю підприємств транспортної галузі .....	284
<u><a href="#">Свершюк А. В.</a></u> Застосування інтерактивних технологій при викладанні дисциплін, пов'язаних з галуззю автомобільного транспорту .....	286
<u><a href="#">Смирнов Є. В., Огневий В. О.</a></u> Кооперація як стратегія розвитку виробничо-технічної бази на автомобільному транспорті .....	292
<u><a href="#">Сосик А. Ю., Щербина А. В., Дударенко О. В., Галайда Ю. Є.</a></u> Система автоматичного керування кутів встановлення керованих коліс .....	294
<u><a href="#">Спірін А. В., Борисюк Д. В., Красовський С. В.</a></u> Модель коливань коліс автомобіля ..	297
<u><a href="#">Терещенко О. П., Поляков А. П.</a></u> Логістичні принципи постачання сировини та продукції .....	300
<u><a href="#">Худяков І. В., Грицук І. В., Матейчик В. П., Симоненко Р. В., Погорлецький Д. С., Черненко В. В., Манжелей В. С.</a></u> Дистанційна ідентифікація режимів праці та відпочинку водія в системі інформаційного моніторингу транспортних засобів .....	303
<u><a href="#">Цимбал С. В., Копитко М. С.</a></u> Оцінка та розробка заходів по вирішенню проблеми експлуатації електромобілів в Україні .....	309
<u><a href="#">Цимбал С. В., Копитко М. С.</a></u> Розробка заходів для забезпечення безперервної їзди по міській вулиці .....	312
<u><a href="#">Цимбал С. В., Окаевич О. М.</a></u> Методи визначення конкурентоспроможності автосервісних підприємств .....	315
<u><a href="#">Цись О. О., Кучма О. І., Хлівний О. О.</a></u> Аналіз можливостей застосування САД-системи Компас-3D у процесі підготовки інженерів-педагогів транспортного профілю .....	319

Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 1. Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту” (Materials of VIII-th international scientific practical internet-conference “*Problems and prospects of automobile transport*”). 14-15 квітня 2020 року: збірник наукових праць. / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 23 – 30. Режим доступу: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2020.pdf>.

Балицкий А.И., Колесников В.А., Ищенко Б. Предпосылки создания водородной инфраструктуры для транспортной отрасли. Часть 1. Материалы VIII-ой международной научно-практической интернет-конференции "Проблемы и перспективы развития автомобильного транспорта" (Materials of VIII-th international scientific practical internet-conference “*Problems and prospects of automobile transport*”). 14-15 апреля 2020: сборник научных трудов. / Министерство образования и науки Украины, Винницкий национальный технический университет [и др.]. - Винница: ВНТУ, 2020. С. 23 - 30. Режим доступа: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2020.pdf>.

[https://www.researchgate.net/publication/342512963\\_Balickij\\_OI\\_Kolesnikov\\_V\\_O\\_Isenko\\_BM\\_Peredumovi\\_stvorennja\\_vodnevoi\\_infrastrukturi\\_dla\\_transportnoi\\_galuzi\\_Castina\\_1\\_Materiali\\_VIII-oi\\_miznarodnoi\\_naukovo-practicnoi\\_internet-konferencii\\_Problemi\\_i\\_pers](https://www.researchgate.net/publication/342512963_Balickij_OI_Kolesnikov_V_O_Isenko_BM_Peredumovi_stvorennja_vodnevoi_infrastrukturi_dla_transportnoi_galuzi_Castina_1_Materiali_VIII-oi_miznarodnoi_naukovo-practicnoi_internet-konferencii_Problemi_i_pers)

[https://kolesnikov.ucoz.com/load/peredumovi\\_stvorennja\\_vodnevoji\\_infrastrukturi\\_dlja\\_transportnoji\\_galuzi\\_chastina\\_1/1-1-0-196](https://kolesnikov.ucoz.com/load/peredumovi_stvorennja_vodnevoji_infrastrukturi_dlja_transportnoji_galuzi_chastina_1/1-1-0-196)

[https://researchworker.ucoz.ru/load/balickij\\_o\\_i\\_kolesnikov\\_v\\_o\\_ishhenko\\_b\\_m\\_peredumovi\\_stvorennja\\_vodnevoji\\_infrastrukturi\\_dlja\\_transportnoji\\_galuzi\\_chastina\\_1/1-1-0-313](https://researchworker.ucoz.ru/load/balickij_o_i_kolesnikov_v_o_ishhenko_b_m_peredumovi_stvorennja_vodnevoji_infrastrukturi_dlja_transportnoji_galuzi_chastina_1/1-1-0-313)