

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 2

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 продовжується 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 транспортній 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 [1-45].

Згідно джерела [46] в Україні побудують установку з виробництва водню. Регіональна газова компанія (РГК) планує побудувати установку з виробництва водню на одному зі своїх експериментальних полігонів. У лютому 2020 року РГК приступила до тестової транспортуванні суміші водню і природного газу на закритих ділянках газорозподільної системи в п'яти областях країни.

Виробництво водневого пального. Сучасні технології виробництва водню далекі від досконалості. Але сьогодні вже одержують по 500 млрд м³ водню на рік. Половина виробленої кількості йде на амонійні добрива, решта – на виробництво сталі, скла, маргарину та ін. В основному водень одержують за допомогою парового риформінгу природного газу: метан при високих температурах (900°C) у присутності нікелевого каталізатора реагує з парою. Поки що такий водень найдешевший [47].

Є й інші технології отримання водню, наприклад крекінг, електроліз або перероблювання біомаси (соломи, деревини). Кожен із цих варіантів має свої недоліки. Для перероблювання біомаси: її нагрівають на 500-600°C, після чого виходять спирти (метанол, етанол), які, перетворюються на водень. Також можна нагріти біомасу до більш високих температур (1000°C), тоді вона повністю перетвориться на газ і вийде суміш Н₂ і СО. Але для такого процесу знадобиться дуже багато сировини. За розрахунками [47], якщо усю родючу територію Франції пустити на вирощування біомаси, то водню, отриманого з неї, не вистачить навіть на те, щоб покрити потреби цієї країни в паливі навіть для нині наявних автомобілів.

Деякі способи отримання водню узагальнені в роботах [52-56].

Один з найпростіших способів отримання водню – електроліз (електричне розщеплення води). Результат – водень і кисень. Взагалі ефективність цього процесу не дуже висока: треба витратити 4 кВт електроенергії, щоб одержати 1 м³ водню, який, згоряючи, дасть лише 1,8 кВт енергії. Проте електроліз води досить перспективний. Також можна використовувати енергію атомної електростанції у години слабкого навантаження (коли вироблена там енергія виявляється непотрібною) або, зрештою, поновлювані джерела енергії (сонячні батареї, енергію вітру, припливу й ін.). Ця технологія активно розвивається: електроліз для більшої ефективності можна проводити за підвищеною температурою або тиском.

Зараз біологи активно розробляють ще один напрямок. Деякі водорості й бактерії в процесі фотосинтезу розкладають воду та виділяють водень. Проблема в тому, що вони роблять це тільки за відсутності кисню, отже, процес триває протягом дуже короткого часу, тому що при розкладанні води, природно, утворюється і кисень. Завдання вчених – за

допомогою генної інженерії продовжити цей період, тоді сонячні райони нашої планети були б забезпечені воднем.

Вчені Каліфорнійського університету в Берклі в 1999 році виявили, що якщо водоростям не вистачає сірки і кисню, то процеси фотосинтезу у них різко слабшають і починається бурхливе вироблення водню. Також водень може виробляти група зелених водоростей, наприклад, *Chlamydomonas reinhardtii*. Водорості можуть виробляти водень із морської води, або навидь, каналізаційних стоків.

Водень успішно використовують як сировину вже багато років. Загальна оцінювальна вартість ринку сировини водню – 115 млрд \$ і, як очікується, вона буде тільки зростати, досягнувши до 2022 року 155 млрд \$. В наші дні водень широко застосовують у різних галузях і секторах (рис. 1).

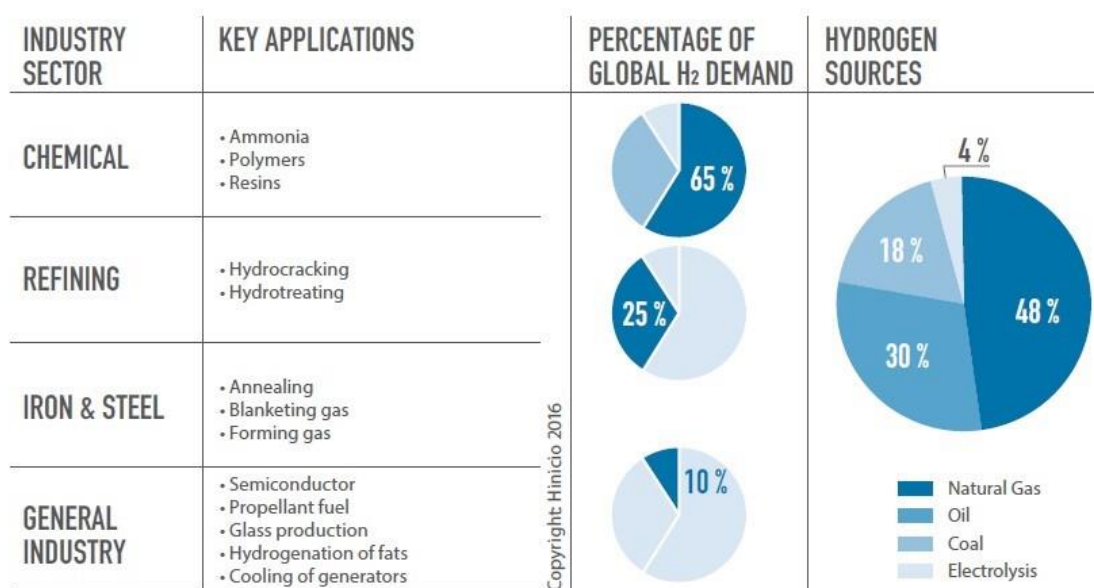


Рисунок 1 – Світовий попит і джерела виробництва водню. Джерело: IRENA, Hydrogen from renewable power. Technology outlook for the energy transition, Sep'18 [47]

Термохімічний спосіб. Деякі теплові процеси використовують енергію з різних ресурсів, таких як природний вугілля, газ, або біомаса, щоб добути водень із їхньої молекулярної структури. Низькі ціни на газ в Росії, на Близькому Сході, а також в Північній Америці породжують одні з найнижчих витрат на виробництво водню. Імпортери газу, зокрема Корея, Японія, Китай, а також Індія, змушені боротися з вищими імпортними цінами на газ, що призводить до збільшення витрат на виробництво водню (рис. 2).

Серед наявних термохімічних процесів розрізняють:

Перетворення природного газу, або парова конверсія метану. Природний газ містить метан, який можна використовувати для виробництва водню. При паровій конверсії метан реагує з парою під тиском 3 - 25 bar у присутності каталізатора з утворенням водню, оксиду вуглецю і відносно невеликої кількості вуглекислого газу.

Газифікація вугілля – один із методів, за допомогою якого можна виробляти рідке паливо, хімікати, електроенергію, та водень. Так, водень отримують шляхом першої реакції вугілля з киснем та парою при високому тиску і температурах з утворенням суміші, що складається в основному з монооксиду водню та вуглецю.

Газифікація біомаси – процес, при якому органічні або викопні вуглецеві матеріали перетворюються при високих температурах (> 700 °C), без спалювання, з контрольованою кількістю пари і/або кисню в оксид вуглецю, вуглецю і водень діоксид.

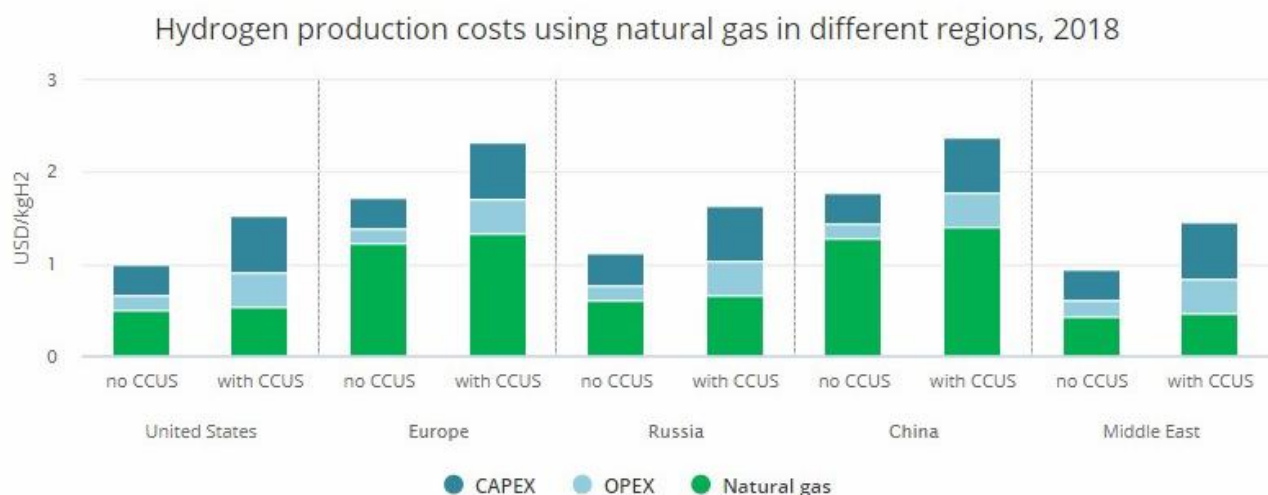


Рисунок 2 – Витрати на виробництво водню з використанням природного газу в різних регіонах. Джерело: The Future of Hydrogen Seizing today's opportunities, IEA, 2019 [47]

Сонячний термохімічний водень. При термохімічному розщепленні води використовують високі температури (від концентрованої сонячної енергії або від непотрібного тепла ядерно-енергетичних реакцій) та хімічні реакції для виробництва кисню й водню.

Рідке перетворення на основі біомаси. Рідини, отримані з ресурсів біомаси, включаючи біомасло й етанол, можуть бути перетворені для виробництва водню в процесі, аналогічному перетворенню природного газу.

Електролітичний спосіб. Електролізатори використовують електрику для розщеплення води на кисень та водень. Ця технологія добре розроблена і комерційно доступна. Різні електролізатори працюють по-різному, в основному через різного типу матеріали електроліту. Виділяють лужні, полімерні електролітичні мембранні, тверді оксидні електролізатори.

На рис. 3 наведено приклад установки з виробництва водню електролізним способом, яка володіє додатковою перевагою - можливістю отримувати газоподібний кисень (як цінний побічний продукт).

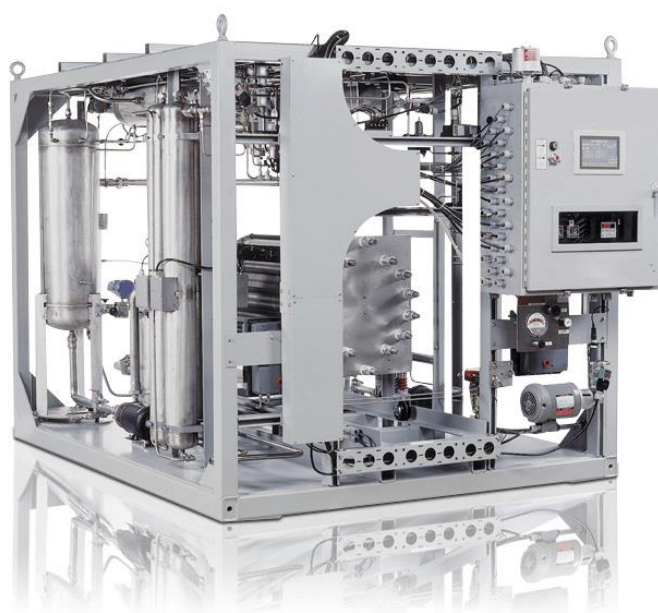


Рисунок 3 – Промисловий генератор водню [51]

Виробництво водню методом електролізу – найпростіший і найдоступніший промисловий спосіб отримання водню з існуючих. При електролізі води в лужному розчині витрачається тільки вода (під впливом постійного електричного струму), лужний розчин додається для мінімізації електричного опору і для сприяння реакції, але не витрачається в процесі.

У всьому світі провідні дослідницькі інститути вивчають процеси штучного фотосинтезу, в яких сонячні промені беруть участь в хімічних реакціях, спрямованих на декомпозицію води для утворення водню. В Японії вчені створили унікальну гібридну технологію, яка дозволила одночасно отримувати водень за рахунок розщеплення води і електрики за допомогою фотовольтаїки.

Такі пристрої ще не досягли рівня реальних комерційних продуктів, оскільки для підтримки хімічної реакції часто потрібно додаткове джерело енергії. Але концепція постачання електролізера сонячною енергією для вироблення водню стрімко розвивається.

За словами розробників, інноваційна сонячна панель здатна поглинати 20,2% сонячного світла, при цьому її ефективність з вироблення водню склала 6,8%, а з електрики – 13,4% [62].

Процеси прямого сонячного розщеплення води.

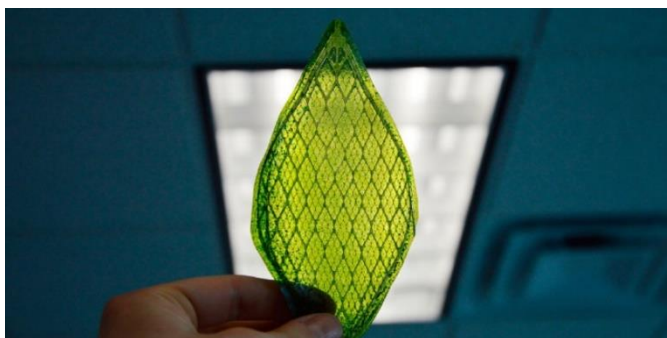
Метод фотолізу використовують для розщеплення води на кисень й водень за допомогою сонячної енергії. Зараз метод знаходиться на ранній стадії дослідження і ділиться на: **фотобіологічний** – для отримання водню використовують мікроорганізми й сонячне світло; **фотоелектрохімічний** – водень виробляють з води з використанням сонячного світла і спеціалізованих напівпровідників, так званих фотоелектрохімічних матеріалів, які використовують світлову енергію для прямої дисоціації молекул води на водень і кисень (це тривалий технологічний шлях із потенціалом зниження викидів парникових газів або їхньої відсутності);

Біологічні процеси. Бактерії та мікрободорості можуть виробляти водень за допомогою біологічних реакцій, використовуючи сонячне світло або органічні речовини. Розрізняють конверсію мікробної біомаси (здатність мікроорганізмів споживати і перетравлювати біомасу і виділяти водень) і фотобіологічний процес.

Фахівці прагнуть створити «водневі будинки», які зможуть не тільки знизити кількість що надходить в навколишнє середовище CO₂, а й переробляти його в процесі штучного фотосинтезу. Для підтримки реакції використовується сонячна енергія, а кінцевим продуктом є водень (рис. 4 а, б).



а)



б)

Рисунок 4 – Прототип «водневого» будинку, який використовує CO₂ для штучного фотосинтезу – а. Для підтримки процесу штучного фотосинтезу було створено спеціальний конверсійний пристрій на металоксидній підкладці – б [62]

Фахівці компанії Iida GHD спільно з співробітниками університету створили дві нові технології. Перша - пристрій для вироблення і зберігання мурашиної кислоти, з якої згодом

виділяється водень. Друга технологія полягає у використанні синтезованого водню для ефективного виробництва енергії [62].

Для підтримки процесу штучного фотосинтезу було створено спеціальний конверсійний пристрій на металоксидній підкладці, який споживає сонячну енергію і використовує віологен, каталізатор розщеплення воденьвмісних кислот (дегідратази) і спеціальні пігменти.

Інженери з Бельгії стверджують, що сонячні батареї можуть не тільки виробляти електрику, а й газоподібний водень, дозволяючи обігрівати будинки, при цьому не збільшуючи викиди вуглекислого газу.

Дослідники з Левенського католицького університету (KU Leuven) розробили панель, яка використовує для вироблення водню сонячну енергію, а також вологість повітря. Дослідна панель може виробляти 250 літрів газоподібного водню в день (рис. 5). Прототип забирає водяну пару та розщеплює її на молекули водню й кисню. Дослідники планують провести польові випробування свого дітища в одному з будинків у містечку Ауд-Хеверле. Протягом літніх місяців водень буде зберігатися під землею в невеличкій посудині під тиском, а потім перекачуватися по всьому будинку протягом зими. Якщо все піде за планом, команда встановить ще 20 панелей неподалік, щоб інші сім'ї також могли використовувати зелений (тобто екологічно чистий) водень.



Рис. 5. Сонячна панель розщеплює воду для виробництва водню [59].

Японські дослідники з Національного інституту матеріалознавства, Токійського університету й університету Хіросіми провели спільний техніко-економічний аналіз виробництва водню з фотоелектричної енергії з використанням електролізера на батареях.

Результати цього дослідження дозволили припустити, що вартість водню становить від 17 до 27 єн/м³ (від 0,16 до 0,25 \$). Спільна дослідницька група розробила інтегровану систему, здатну регулювати кількість розряду/заряду батареї та кількість вироблюваного електролізом водню залежно від кількості вироблюваної сонячної енергії. Потім команда оцінила економічну доцільність системи (рис. 6).

Очікується, що до 2030 року з'являться акумуляторні батареї, які будуть розряджатися з низькою швидкістю.

Розвиток «водневої економіки» на прикладі Японії [56].

Після фукусімської аварії в березні 2011 року в Японії призупинили роботу більшості АЕС і приступили до розробки дорожньої карти щодо розвитку водню і паливних елементів. У червні 2014 року цю дорожню карту затвердив уряд.

Фаза 1. Розширення сфер використання паливних елементів (ПЕ) на базі водню 2017: масове ринкове тиражування ПЕ для комерційного і промислового використання.

~ 2020: зниження цін на водень до рівня, еквівалентного цінами на інші види палива для гібридних автомобілів.

~ 2025: зниження цін на автомобілі на базі ПЕ до рівня цін гібридних автомобілів.

Фаза 2. Створення системи поставок водню

Середині 2020-х: стратегічні партнерства з зарубіжними постачальниками водню (планована ціна покупки - \$ 3 / кг) і створення комерційної системи розподілу водню.

~ 2030: початок експлуатації об'єктів з виробництва, транспортування, зберігання водню на базі імпортного палива. Масове впровадження технологій генерації електроенергії на базі водню.

Фаза 3. Створення безвуглецевої системи поставок водню

~ 2040: повномасштабна експлуатація об'єктів з безвуглецевого виробництва, транспортування та зберігання водню.

Колишній автомобільний завод Toyota біля Мельбурна незабаром стане комерційним місцем виробництва та заправки воднем.

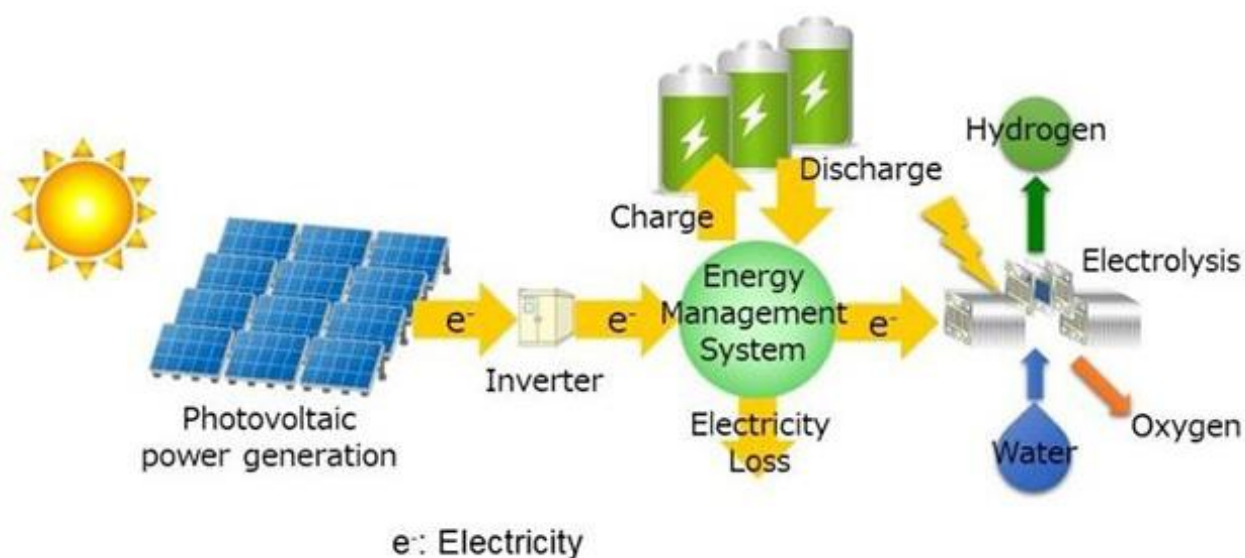


Рисунок 6 – Система здатна регулювати кількість заряду/розряду батареї та кількість вироблюваного електролізом водню залежно від кількості вироблюваної сонячної енергії

Австралійське агентство з відновлюваних джерел енергії (ARENA) внесе 3,1 млн дол. США, щоб допомогти в створенні Toyota Australia Hydrogen Center. Загальна вартість центру – 7,4 млн доларів. Центр буде використовувати сонячні фотоелектричні батареї та акумулятори для виробництва водню. Водень будуть виробляти за допомогою електролізу, а потім стискати його в паливні елементи. Toyota Australia Hydrogen Center буде також включати освітній центр та першу інфраструктуру для заправки воднем комерційних транспортних засобів [47].

Близько 97% норвезької електроенергії виробляється гідроелектростанціями, зараз є 15 кВт*год надлишкової потужності, тому необхідні нові способи використання цієї зеленої енергії. У вигляді водню її надлишки можна зберігати, розподіляти й робити доступними для ринків, що зростають із нульовим рівнем викидів як в Норвегії, так і за кордоном.

У США провели дослідження: розробили спрощену модель для визначення та оптимізації теплових і економічних характеристик побутових фотоелектричних систем з електролізером, або з фіксованими панелями, або з панелями стеження за сонцем з використанням річного сумарного сонячного випромінювання на горизонтальній поверхні та кліматичних даних. Вибрали 12 місць із чотирьох кліматичних зон (сухої, тропічно-субтропічної, помірної, прохолодно-снігової). Моделювання було проведено для отримання даних про виробництво водню для різних місць, а отримані дані зіставлені для отримання виробництва водню в фотоелектричній системі в кг/кВт/год залежно від загального річного

сонячного випромінювання на горизонтальній поверхні. Встановлено, що виробництво водню з фіксованими фотоелектричними панелями варіюється від 26 до 42 кг/кВт/год і має вартість від 25 до 268 \$/ГДж [47].

У США, Японії та скандинавських країнах від енергоустановок з водневими паливними елементами (потужністю понад 1 МВт) живлять великі бізнес-центри, госпіталі, житлові будівлі. В Японії діє ціла держпрограма створення побутових автономних водневих станцій - в країні їх уже кілька тисяч. Також японці працюють над програмою широкомасштабного використання водню, перш за все за допомогою модернізації енергетичного сектора та збільшення числа електростанцій, що працюють на водневому паливі.

25 вересня 2019 року Гесгенська гідроелектростанція (Alpiq Gösgen) сформувала епіцентр логістики з нульовим рівнем викидів на один день: Hydrospider AG і Hyundai Hydrogen Mobility (ННМ) представили бізнес-модель, засновану на зеленому водні, яка не має аналогів у Європі.

У Великобританії розроблений перший термодинамічно оборотний хімічний реактор, який виробляє водень у вигляді чистого потоку – без необхідності відокремлювати його від інших хімічних елементів (рис. 7).



Рисунок 7 – Реактор для виробництва «зеленого» водню [60]

Реактор, описаний в статті журналу Nature Chemistry, не змішує взаємодіючі гази і переміщує кисень між потоками реагентів через твердотільний кисневий резервуар. Він спроектований таким чином, щоб підтримувати рівновагу з потоками, що вступають в реакцію газів і, відповідно, дозволяють зберігати «хімічну пам'ять» станів. В результаті водень виробляється як чистий потік, який не потребує дорогого виділення фінального продукту [60]. Дозволяючи воді і окису вуглецю вступати в реакцію для виробництва водню і двоокису вуглецю, система запобігає потраплянню вуглецю в потік водню. Цю ж технологію, можна застосувати не тільки до водню, але і до інших газів.

Планується, що до 2025 року 1600 швейцарських електромобілів Hyundai на паливних елементах будуть перевозити вантажі з зеленим воднем. Перша швейцарська установка з виробництва водню в промисловій експлуатації нині будується на Гесгенській ГЕС. З кінця 2019 року електролізна установка Hydrospider AG потужністю 2 МВт буде виробляти водень для перших приблизно 50 електромобілів на паливних елементах, які будуть поставлені у Швейцарію у 2020 році.

Як видно з графіка нижче, з 1975 року попит на водень виріс більше ніж утричі, і продовжує зростати: майже повністю постачається з викопного палива, причому 6% світового природного газу і 2% світового вугілля йде на виробництво водню (рис. 8).

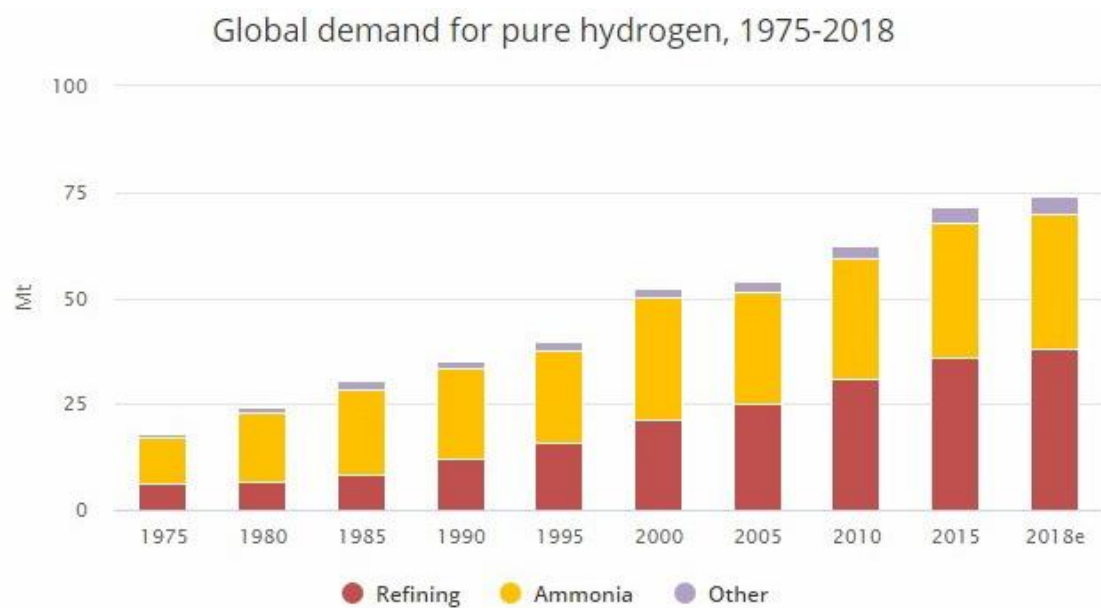


Рисунок 8 – Попит на водень [47]

Зі зменшенням витрат на відновлювану електроенергію, зокрема від сонячної фотоелектричної енергії та вітру, інтерес до електролітичного водню зростає, і останніми роками було реалізовано кілька демонстраційних проєктів. Виробництво всієї виділеної сьогодні енергії водню з електроенергії призведе до споживання електроенергії в 3600 ТВт*год, що більше, ніж загальний річний обсяг виробництва електроенергії в Європейському союзі (рис. 9).

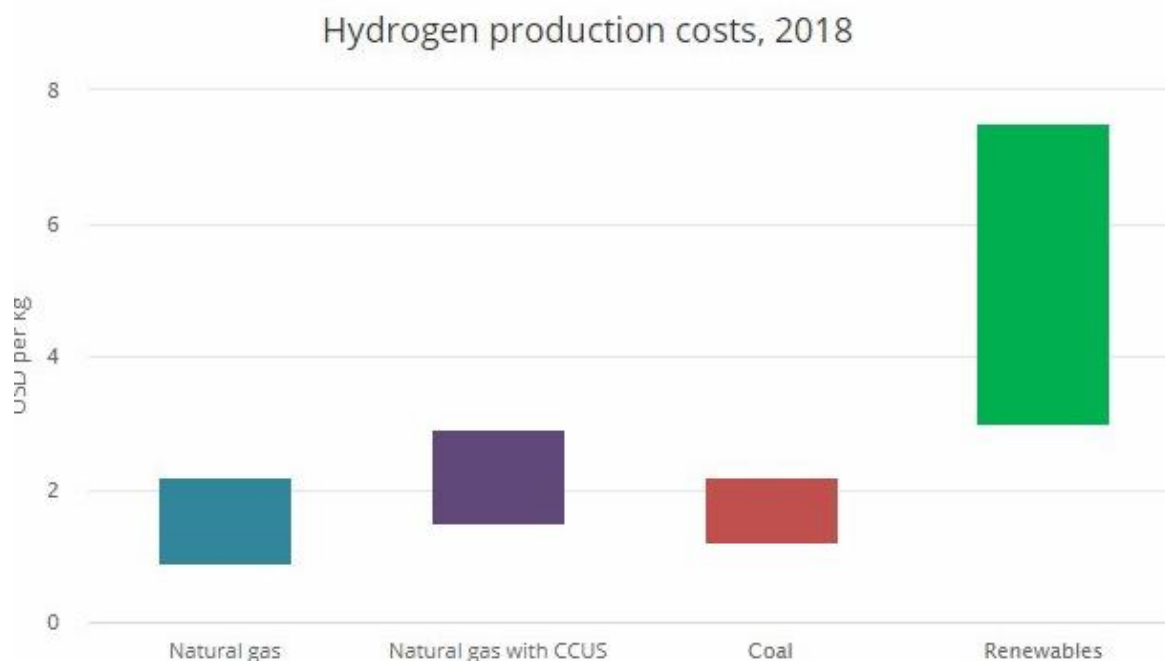


Рисунок 9 – Витрати на виробництво водню [47]

Зі зменшенням витрат на вітрове виробництво і сонячне фотоелектричне, будівництво електролізерів у місцях із відмінними умовами використання ВДЕ може стати недорогим варіантом постачання водню, навіть після врахування витрат на передачу та розподіл транспорту водню з (часто віддалених) місць відновлюваних джерел енергії кінцевим користувачам (рис. 10).

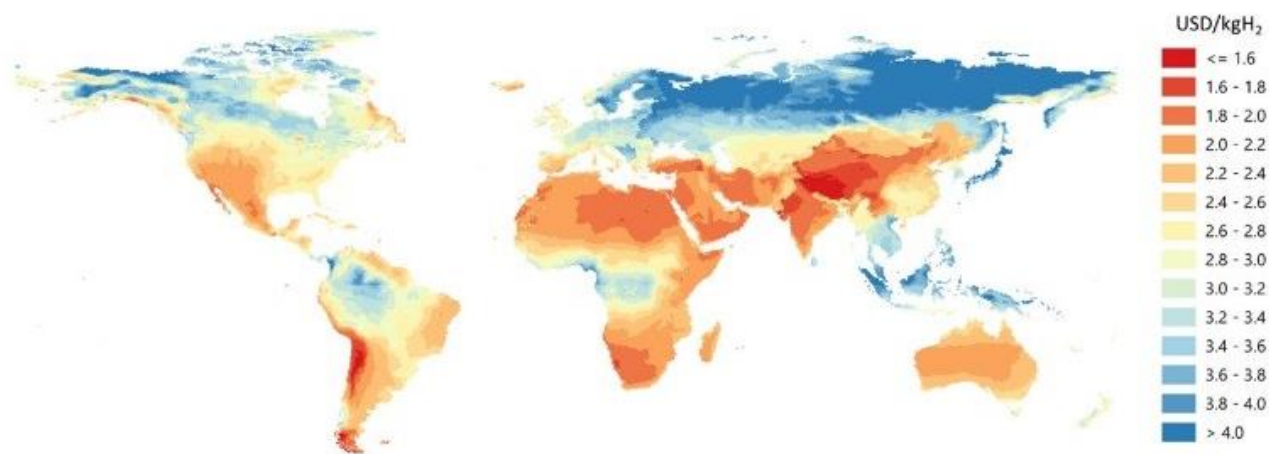


Рисунок 10 – Витрати на водень від гібридних сонячних фотоелектричних і наземних вітрових систем у довгостроковій перспективі [47]

Водень вже широко використовують у деяких галузях промисловості, але він ще не реалізував свій потенціал для підтримки переходів у сфері чистої енергії. Для подальшого подолання бар'єрів і зниження витрат необхідні амбітні, цілеспрямовані та короткострокові дії.

Тривають пошуки нових способів одержання водневого палива, наприклад, з відходів. Так, наприклад, відомий патент [58]. Винахід відноситься до способу обробки органічних матеріалів, що розкладаються анаеробно зі смітєвих матеріалів або осади стічних вод, і до пристрою для відділення діоксиду вуглецю від інших газоподібних речовин, отриманих при розкладанні органічного матеріалу. Спосіб включає формування реакційної суміші, що містить органічні матеріали, які анаеробно розкладаються, додаванням до неї електричного потенціалу і збір газу. Для отримання газу, що містить підвищену кількість водню і знижену кількість метану в порівнянні з газами, що утворюються мимовільно із зазначених органічних матеріалів, що анаеробно розкладаються, здійснюють переривчасту генерацію електричного струму з інтервалами, які визначаються відповідно до змісту водню і/або метану, в газі, отриманому з органічного матеріалу. Технічний ефект - підвищення продуктивності за воднем при зменшенні енерговитрат, скорочення часу, необхідного для переробки органічних матеріалів.

Разом з тим поширення водневої енергетики поки обмежена відсутністю інфраструктури. Найстарішому водневого трубопроводу в районі міста Рур (Німеччина) всього 50 років, а найдовший подібний трубопровід має протяжність всього лише 400 км. При цьому в різних країнах є підмога - розвинена мережа газових трубопроводів, по яких можна передавати метано-водневу суміш, а потім, вже у споживача, розділяти цю суміш на водень і метан [56].

Водневі заправки вже працюють в Японії, США, Китаї та деяких країнах Євросоюзу. Розвитком водневої заправної інфраструктури займаються такі європейські компанії, як Air Liquide, Air products, H2 Logic, Hydrogen Link, Danish Hydrogen Fuel, Linde, McPhy, Hydrogen Sweden, Icelandic New Energy.

У звіті аналітичної і консалтингової компанії Navigant Research говориться про те, що до 2024 року кількість транспортних засобів з водневими паливними елементами по всьому світу зросте до 580 тис.. До 2026 року їх вже буде 800 тис., а до 2030 року - близько 1,5 млн. до речі, в цьому році за маршрутом Букстехуде - Куксхафен в землі Нижня Саксонія (Німеччина) почнуть курсувати два перших поїзда з водневим паливом Coradia iLint. Розробник, компанія Alstom, планує поставити тільки для цього району 14 таких поїздів до 2021 року [56].

Питання інфраструктури так само важливе, як і масштабне виробництво водню. Крім заправок і трубопроводів є питання в частині транспортування і скраплення. У світі зараз

активно розробляються танкери, авто- і залізничні цистерни, призначені для доставки водню. З'являються нові розподільчі системи, водневі балони високого тиску, автозаправки.



Рисунок 11 – Приклад водневої заправки для автобусів в Китаї [57]

Сьогодні 95% виробленого водню споживачі використовують для власних потреб, а не для продажу. Наприклад, нафтопереробний завод виробляє водень, спалюючи нафтопродукти, і використовує його для отримання бензину. Всього в 2016 році в світі було вироблено 75 млн тонн водню, і лише 5% з них склав товарний водень, який продається на ринку як енергоносіє і хімічний реагент [56]. Однак в майбутньому цей показник напевно буде рости.

У консервативному сценарії зростання споживання промислового водню його частка до 2050 року збільшиться з 70 млн до 230 млн тон на рік. Також буде рости частка товарного водню, з 4 млн до 140 млн тон на рік. При цьому ринок товарного водню, одержуваного з використанням ВТГР, буде формуватися синхронно зі створенням потужностей цих реакторів. Якщо виходити з тези, що це зростання буде забезпечено екологічно чистим виробництвом на основі технологій ВТГР, то для виробництва 140 млн тонн водню в рік до 2050 року в світі повинні бути створені енергоблоки з ВТГР загальною тепловою потужністю 400 ГВт [56].

Компанія Toyota спільно з партнерами, в число яких увійшли фірми Toshiba і Iwatani, а також адміністрації декількох японських префектур, запустила випробувальний проект зі створення локальної енергосистеми, в якій в якості енергоносія виступає водень [63].

По суті система, що отримала назву «End-to-End Hydrogen Supply Chain», передбачає вироблення водню, його транспортування і безпосередньо використання на місцях певним транспортом. За задумом авторів, проект повинен наочно продемонструвати переваги водневого палива для економіки та екології, а також паралельно виявити можливі недоліки і складності в подібному енергетичному ланцюгу.

На першому етапі в ролі експериментальних транспортних засобів виступлять вилочні навантажувачі на водневих паливних елементах, побудовані відділенням Toyota Industries. Паливо для них буде вироблятися на території вітрової електростанції Йокогами за допомогою згенерованої нею енергії і електролізерів виробництва Toshiba. А доставлятися водень на місця буде за допомогою вантажних водневих заправок.

У стратегічних планах Японії побудувати «водневе суспільство», в якому використання паливних елементів дозволило б жити не тільки автомобілі, але і вдома, офіси та інші об'єкти.

Також деякі відомості про розвиток водневих технологій та інфраструктури можна дізнатись в наступних джерелах [64-70].

Висновки. Розглянуті деякі технології з отримання водню та засади для створення інфраструктури для водневого транспорту.

Список літературних джерел

1. Balitskii A., Ivaskevich L., Kostyuk I., Kochmanski P., Kolesnikov V., Ostaf V. // Hydrogen embrittlement of welded joints of Cr–Mn austenitic steels. Водневе окрихчення зварних з'єднань Cr–Mn аустенітних сталей // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів Problems of corrosion and ckrksion protection of materials Physicochemical mechanics of materials.– Special issue. - N 5, vol.1, 2006. – P. 233-235.
2. Balitskii A., Chmiel J., Kawiak P., Ripey I., Kolesnikov W. Odporność na zużycie ściernie i niszczenie wodorowe austenitycznych stopów Fe-Mn-Cr // Problemy eksploatacji.-4 (67)/2007.-s.7-16. Режим доступу: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAR0-0033-0023>.
3. Balitskii A., Kolesnikov V., Chmiel J. The influence of microstructure and hydrogen – containing environments on the intensity of cast iron and steel damage by sliding friction. Part 1. Construction of a generalized model of surface layer friction of graphitized steel and cast-iron objects // Problemy eksploatacji.-4 (67)/2007.-s.17 - 29.
4. .Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórow 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. Режим доступу: <http://www.mechanik.media.pl/artykuly/oddziaływanie-wodoru-na-kształtowanie-i-odprowadzenie-wiorow-w-obrobce-skrawaniem-stali-wysokostopowych-z-uzyciem-ekologicznych-cieczysmarujaco-chlodzacych.html>.
5. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Elias J., Havrilyuk, 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=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=4f73bdf9754dfdac7256947d377c3271&sot=autdocs&sdt=autdocs&sl=17&s=AU-ID%288918120300%29&relpos=1&citeCnt=1&searchTerm>
6. 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>
7. 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.
8. Balitskii A., Kolesnikov V., Chmiel J. The influence of microstructure and hydrogen – containing environments on the intensity of cast iron and steel damage by sliding friction. Part 2. The generalized scheme of the steels and grey-iron behaviour during sliding friction // Problemy eksploatacji.- 3 (70)/2008. - s.91 - 102. Режим доступу: [http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAR0-0038-0070?q=d66d0751-996444762b2c\\$1&qt=IN_PAGE](http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAR0-0038-0070?q=d66d0751-996444762b2c$1&qt=IN_PAGE)
9. Колесников В.А. Развитие новых компьютерных технологий в Германии // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля //Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2008. – № _6(124). Частина 2.– С.170 - 175.
10. Колесников В.А. Исследование триботехнических свойств высокоазотистых марганцевых сталей после наводораживания // Тези Всеукраїнської конференції молодих вчених "Сучасне матеріалознавство: матеріали та технології" (СММТ-2008). – Киев. 2008. С. 73. Режим доступу: <http://www.smmt2008.nas.gov.ua/ScientificProgram/12/Pages/posters1.aspx>.
11. Аптекарь. М.Д., Балицкий А.И., Колесников В.А. Трибохимическоматериаловедческий вектор исследований работы узлов трения // Матеріали III Міжнародної науково-

практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 12-13 травня 2009 р”. – Краснодар, 2009. – С. 95 - 99.

12. Колесников В.А., Калинин. А.В. Водородный фактор износа в узлах трения автомобилей // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 12-13 травня 2009 р”. – Краснодар, 2009. – С. 111 – 115.

13. Колесников В.А., Калинин А.В., Балицкий А.И., Хмель Я. Необходимость учета влияния водорода на износостойкость материалов в тормозных парах трения автомобилей // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2009. – № 11(141). – Частина 1. – С.62 - 66.

14. Balyts'kyi O.I., Kolesnikov V.O. Investigation of wear products of high nitrogen manganese steels // Materials Science (Springer). – 2009, vol. 45, N 4.- P.576 - 581.

15. Колесніков В.О., Калінін О. В., Манченко М. В. Вплив воденьовмісних середовищ на зношування вузлів тертя навантажених механізмів / XXI відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН – 2009 // Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – Львів. – 2009. – С.254 – 257.

16. Колесніков В.О., Дев'яткін Ю. С., Дев'яткін Д. С. Комп'ютерне моделювання сплавів з урахуванням впливу водню / XXI відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН – 2009 // Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – Львів. – 2009. – С. 258 – 261.

17. Балицький О.І., Колесніков В.О. Дослідження продуктів зношування високоазотних марганцевих сталей // Фізико - хімічна механіка матеріалів. – 2009, 45. – № 4. – С. 93 – 99.

18. Колесников В.А. Исследование триботехнических свойств высокоазотистых марганцевых сталей после наводороживания // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Електронне наукове фахове видання , 2009. – № 5.

19. Колесников В.А., Балицкий А.И., Хмель Я. Особенности морфологии продуктов износа высокоазотистых сталей до наводороживания и после, в условиях сухого трения // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2009. – № 6(136). – Частина 2. – С.185 - 192.

20. Kolesnikov V.O. Investigation of the wear products of high-nitrogen steel after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XA/2010. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – OLPAN, 2010, 10A, 271 - 275 p. Режим доступу: <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot10a/Kolesnikov.pdf>.

21. Балицький О.І., Душар І.Я., Колесніков В.О., Мельніков С.Д. Водневостійка сталь. Патент 47554 на корисну модель № України, МПК C22C 38/50. Заявка № u 2009 08857; Заявлено 25.08.2009. Опубліковано 10.02.2010. Бюл. № 3, 2010 - 4 с.

22. Колесников В.А. Влияние водородсодержащих сред на эксплуатационную стойкость оборудования пищевых и перерабатывающих производств // Збірник тез наукових доповідей міжнародної науково-практичної конференції наукової молоді і студентів “Сучасні проблеми розвитку легкої і харчової промисловості”, 3-4 листопада 2010 року в СХУ ім. В. Даля). - Луганськ: вид-во СХУ ім. В. Даля, 2010. – С. 20 - 21.

23. Манченко М.В., Колесников В.А. Новые сплавы для пищевых и перерабатывающих производств // Збірник тез наукових доповідей міжнародної науково-практичної конференції наукової молоді і студентів “Сучасні проблеми розвитку легкої і харчової промисловості”, (3-4 листопада 2010 р. СХУ ім. В. Даля). - Луганськ: вид-во СХУ ім. В. Даля, 2010. – С. 27 - 28.

24. Триботехнические свойства азотистых марганцевых сталей в условиях трения качения при добавлении в зону контакта порошков (GaSe) [x]In[1-x] [Текст] / А. А. Балицкий, В. А. Колесников, О. Б. Вус // Металлофизика и новейшие технологии. - 2010. - Т. 32, N 5. - С. 685 - 695.

25. Колесников В.А. Краткий обзор новых достижений в области водородного материаловедения. Современные представления об атоме водорода // Вісник

Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 2(156) Частина 2. – с. 192 - 199.

26. Колесников В.А., Балицкий А.И. Повышение водородной стойкости холоднодеформированных высокоазотистых сталей – как резерв ресурсосбережения материалов // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: 36. наук. праць. – Луганськ: Видавництво СХУ.- 2011. – С. 81 – 87. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/337769096_Kolesnikov_VA_Balickij_AI_Povysenie_vodorodnoj_stojkosti_holodnodeformirovannyh_vysokoazotistyh_stalej_-_kak_rezerv_resursosberezenia_materialov_Resursozberigaucci_tehnologii_virobnictva_ta_obrobki_ti.

27. Балицький О. І., Колесніков В.О., Хмель Я. Вплив водню на експлуатаційні властивості сталевих деталей // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 травня 2011 р. м. Краснодар. – С. 14 - 16.

28. Курылев В.О., Тупельняк О.Л. Колесников В.А. Возможности использования водорода как топлива для автомобилей // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 травня 2011 р., м. Краснодар. – С. 104 - 107.

29. Коровин Я.В., Савченко Е.О., Колесников В.А. Влияние водорода на эксплуатационные свойства деталей из металлических сплавов // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 травня 2011 р., м. Краснодар. – С. 108 - 111.

30. Балицький О.І., Колесніков В.О., Еліаш Я. Дослідження зносотривкості високоазотних сталей за умов сухого тертя ковзання // Фізико - хімічна механіка матеріалів. – 2012, 48. – № 5. – С. 78 – 82.

31. Балицький О.І., Колесніков В.О., Еліаш Я. Дослідження руйнування ненаводнених та наводнених сплавів в умовах тертя кочення // Проблеми тертя та зношування № 58, 2012. С. 32 - 37.

32. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О. Сучасні уявлення про водневе матеріалознавство та водень // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 32 - 38.

33. Study of the wear resistance of high-nitrogen steels under dry sliding friction // О. І. Balyts'kyi, V. O. Kolesnikov, and J. Eliaz // Materials Science, Vol. 48, No. 5, March, 2013 P. 642 – 646.

34. Прохоров Е., Колесников В.А. Создание новых материалов для машиностроения // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 365 - 367.

35. Хорольский С.М., Колесников В.А. Применение новых материалов в автомобилестроении // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 366 - 368.

36. Матвеев Б.В., Колесников В.А. Инновации в автомобилестроении // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 369 - 371.

37. Бихдрикер А.С., Калинин А.В., Колесников В.А. Магнитометрическая система взвешивания автопоездов // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 371 - 375.

38. Балицький О.І., Колесніков В.О., Еліаш Я., М.Р. Гаврилюк Особливості руйнування наводнених високо азотних марганцевих сталей в умовах тертя кочення // Фізико - хімічна механіка матеріалів. – 2014, Том 50. – № 4. – С. 110 – 116.

39. Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні стан і тенденції розвитку автомобільного

транспорту // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів Європи та СНД" 26 травня, м. Краснодар. 2014 р. 92 - 100 с.

40. Цимбалюк П. Ю., Колесніков В. О. Системи зв'язку транспортних засобів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 204 - 208.

41. Ярченко Б. В., Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Нові технології в сучасних автомобілях // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 216 - 223.

42. Колесніков В.О. Застосування методів комп'ютерного зору для аналізу пошкоджуваності деталей транспорту. // Матеріали X-ї Міжнародної науково-практичної конференції Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT - 2018) 29-31 травня 2018 р., м. Херсон. - С. 312 - 316. Modern information and innovation technologies in transport (MINTT - 2018).

43. Балицький О.І., Барна Р.А., Іваськевич Л.М., Колесніков В.О. Тріщиностійкість та довговічність нікель- кобальтових сплавів у водні // Матеріали 6-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій». — Львів: КІНПАТРИ ЛТД. — 2018. — С. 24 – 26.

44. Василенко О. Є., Безруков В. О., Шуліка С. О., Знова О. І., Іщенко Б. М., Колесніков В. О. Нові технологічні тенденції в автомобільному транспорті // Матеріали VII-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 8 - 10 квітня 2019 р., м. Вінниця. - С. 13 – 24.

45. Колесников В.А. Некоторые материаловедческие аспекты при механической обработке сталей и сплавов для транспортной отрасли. Часть 1. // Матеріали VII-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 8 - 10 квітня 2019 р., м. Вінниця. - С. 72 – 83.

46. В Украине построят установку по производству водорода. Режим доступа: https://biz.censor.net.ua/news/3182194/v_ukraine_postroyat_ustanovku_poproizvodstvu_vodoroda.

47. Водень та ВДЕ: світові практики застосування. Режим доступа: <https://avenston.com/articles/hydrogen>.

48. О. П. Кулик, Л. И. Чернышев. Основные направления развития водородной энергетики (Обзор). Режим доступа: http://www.materials.kiev.ua/hydrogen_2011-2015/obzor1.pdf.

49. Фундаментальные проблемы водородной энергетики. Целевая комплексная программа научных исследований НАН Украины. Режим доступа: <http://www1.nas.gov.ua/programs/hydrogen/RU/Publications/1/Pages/default.aspx>.

50. Водород в энергетике : учеб. пособие / Р.В.Радченко, А.С.Мокрушин, В.В.Тюльпа. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 229 с. Режим доступа: <http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/30843/1/978-5-7996-1316-7.pdf>.

51. Установки по производству технических газов. Проектирование и строительство. Режим доступа: <https://1-engineer.ru/solutions/ustanovki-po-proizvodstvu-tehnicheskikh-gazov>.

52. Олег Соловьев. Получение водорода. Режим доступа: <https://metallurgist.pro/poluchenie-vodoroda/>

53. Получение водорода электролизом воды: современное состояние, проблемы и перспективы./ С.А. Григорьев и др./Транспорт на альтернативном топливе. 2008 №3. С. 62 – 69. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/poluchenie-vodoroda-elektrolizom-vody-sovremennoe-sostoyanie-problemy-i-perspek/viewer>.

54. Получение водорода из природного газа в плазме СВЧ-разряда при атмосферном давлении. / Газовая промышленность № 11 / 777 / 2018 г / Энергоснабжение и энергосбережение/ С. 104 - 113 Режим доступа: <http://neftegas.info/upload/iblock/9fa>

[/9fab2afa3f023999b626ffe5a353c4e0.pdf](#)

55. Совершен прорыв в производстве водородного топлива из воды. Режим доступа: <https://hightech.plus/2018/10/30/sovershen-proriv-v-proizvodstve-vodorodnogo-topliva-iz-vodi>.

56. Андрей Велесюк. Водородная энергетика — тренд XXI века. Режим доступа: http://atomicexpert.com/hydrogen_energy.

57. В Китае открылась первая водородная заправка для автобусов. Режим доступа: <https://rim3.ru/avtonovosti/novosti-kompaniy/v-kitae-otkrylas-pervaya-vodorodnaya-zapravka-dlya-avtobusov/>.

58. Способ и устройство получения водорода из анаэробно разлагаемого органического материала. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/229/2295502.html>.

59. В Бельгии изобрели солнечную панель для обогрева домов и выработки водорода. Режим доступа: <https://building-tech.org/v-belgii-izobreli-solnechnuju-panel-dlya-obogreva-domov-i-vyrabotki-vodoroda>.

60. Великобритании создан реактор для производства «зеленого» водорода. Режим доступа: <https://building-tech.org/v-velikobritanii-sozdan-reaktor-dlya-proizvodstva-zelenogo-vodoroda/>.

61. Японці тестують водневий будинок, який використовує CO₂ для штучного фотосинтезу. Режим доступу: <https://building-tech.org/japoncy-testirujut-umnyj-dom-kotoryj-ispolzuet-uglekislyj-gaz-so2-dlja-iskusstvennogo-fotosinteza/>.

62. Создана солнечная панель, вырабатывающая электричество и водород. Режим доступа: <https://building-tech.org/sozdana-solnechnaja-panel-vyrabatyvajushhaja-jelektrichestvo-i-vodorod>.

63. Японія буде водневе суспільство. Режим доступа: <https://building-tech.org/japonija-stroit-vodorodnoe-obshhestvo>.

64. Paolo Agnolucc. Hydrogen infrastructure for the transport sector. Volume 32, Issue 15, October 2007, Pages 3526-3544. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319907001164>.

65. Hydrogen transport & distribution. Режим доступа: <https://hydrogeneurope.eu/hydrogen-transport-distribution>.

66. Developing hydrogen fueling infrastructure for fuel cell vehicles: A status update. (Briefing October 2017). Режим доступа: https://theicct.org/sites/default/files/publications/Hydrogen-infrastructure-status-update_ICCT-briefing_04102017_vF.pdf.

67. Hydrogen Fueling Infrastructure Development. Режим доступа: https://afdc.energy.gov/fuels/hydrogen_infrastructure.html

68. Transport Energy Infrastructure Roadmap to 2050. Hydrogen roadmap. June 2015.

69. Hydrogen in Transport (HIT) Режим доступа: <https://rwsenvironment.eu/subjects/sustainable-mobility/international/hydrogen-transport>.

70. 4th International Workshop on Hydrogen Infrastructure and Transportation. Режим доступа: https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/vehicles/road/hydrogen_en.

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

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

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

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

Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 2. 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. 31 – 45. 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 2. 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. 31 - 45. Режим доступа: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2020.pdf>.

Balitsky A.I., Kolesnikov V.O., Ishchenko B. Prerequisites for the creation of a hydrogen infrastructure for the transport industry.

https://kolesnikov.ucoz.com/load/balickij_o_i_kolesnikov_v_o_ishhenko_b_m_peredumovi_stvorennja_vodnevoji_infrastrukturi_dlja_transportnoji_galuzi_chastina_2/1-1-0-197

https://researchworker.ucoz.ru/load/publikacii/balickij_o_i_kolesnikov_v_o_ishhenko_b_m_peredumovi_stvorennja_vodnevoji_infrastrukturi_dlja_transportnoji_galuzi_chastina_2/3-1-0-314

https://www.researchgate.net/publication/342533823_186_Kolesnikov_VO