Міжнародний
класичний університет
імені Пилипа Орлика

Pylyp Orlyk
International
Classical University

54003 м. Миколаїв, вул. Карла Лібкнехта, 12. Код 37992250. Тел.,факс (0512) 55-07-36; тел. (0512) 59-30-01

МАТЕРІАЛИ

І-ої НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

“ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ”

17-18 травня 2018

MATERIALS

OF I SCIENTIFIC PRACTICAL INTERNET-CONFERENCE “PROBLEMS AND PROSPECTS OF AUTOMOBILE TRANSPORT”

Миколаїв, 2018

УДК 629.3

Матеріали І-ої науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 17-18 травня 2018 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Міжнародний класичний університет імені Пилипа Орлика. – Миколаїв, 2018. – 54 с.

Збірник містить Матеріали І-ої 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.

ЗМІСТ
(CONTENTS)

Бандура В.М., Бабкін В.В. Альтернативні джерела генерації електричної енергії для транспорту і його інфраструктури 4
Єганов О.Ю., Герасімов А.В. Аналіз умов застосування пішохідних переходів та визначення затримок учасників руху поза зоною впливу перехрестя 6
Думенко К.М., Жданов А.М. Підвищення ефективності доставки вантажів у міжнародному сполученні 11
Арамян А.М., Жданов А.М., Мозуль Г.В. Оцінка ефективності функціонування міського пасажирського транспорту з урахуванням вибору маршруту пасажиром 13
Думенко К.М., Писаренко О.І. Принципи самоорганізації автомобільних транспортних систем 15
Мишелов М.В., Ткачук О.М. Системна концепція аналізу автотранспортної техніки та зміни її технічного стану підчас експлуатації 18
Бандура В.М., Штембуляк В.П. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 1 21
Бандура В.М., Штембуляк О.П. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 2 29
Каіров О.М., Бабкін В.В. Щодо обсягів перевезення пасажирів, тенденції їх зміни і прогнозування 44
Каіров О.М., Герасімов А.В. Аналіз впливу конструктивних варіантів розпилювачів дизельних форсунок на забезпечення процесу розпилювання палива 49
Каіров О.М., Писаренко О.І., Ткачук О.М. Зміна характеристик оливи в процесі експлуатації дизельних двигунів та методи їх поліпшення 52

УДК 621

д.т.н., проф. каф. Бандура В.М., Бабкін В.В.

АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТУ І ЙОГО ІНФРАСТРУКТУРИ

Представлена метод створення об'єднаної системи альтернативних джерел електричної енергії в транспортній інфраструктурі і представлено основні кроки для його реалізації

Ефективність експлуатації міського пасажирського транспорту є показником розвитку суспільства. Відставання в цьому питанні, в першу чергу, позначається на жителях великих міст та мегаполісів. Загальне збільшення автомобілів на душу населення в усьому світі призвело до того, що в деяких містах вже введені обмеження щодо використання особистого транспорту громадян та гостей міста. Натомість впроваджують екологічно чистий громадський транспорт – автобуси на електричній тязі – електробуси (ЕБ).

Як відомо, сучасні ЕБ у якості накопичувача енергії можуть використовувати як гібридну силову установку, так і повністю електричну. Крім того, вони відрізняються типом тягового джерела енергії (тягові акумуляторні батареї різних типів, суперконденсатори). Тому експлуатація ЕБ неможлива без наявності зарядних станцій і точок підзарядки, які можуть встановлюватися на маршруті, на кінцевих зупинках та в депо.

Зі збільшенням кількості ЕБ можуть виникнути серйозні проблеми з непристосованістю сучасних електромереж до суттєвого збільшення потужності навантаження. Саме тому актуальною задачею є розробка енергогенеруючих пристроїв, об'єднання їх в єдину систему для зарядки або підзарядки ЕБ.

Крім того, альтернативні системи генерації електричної енергії (АСГЕЕ) дозволять автоматизувати обслуговування доріг (освітлення в темний час доби, світлофорів, підігрів зупинок тощо), вирішить проблему з електрозаправками, а значить і прискорить процес переходу від транспорту з ДВЗ до сучасних ТЗ на електричному приводі.

До АСГЕЕ, які можуть стати частиною транспортної інфраструктури, відносяться: сонячні електростанції; перетворювачі кінетичної енергії в електричну (енергогенеруючі платформи, доріжки та майданчики; вітрогенератори (за межами міста). Тому дуже важливо при плануванні нової транспортної інфраструктури врахувати необхідність установки електрозаправок не тільки в населених пунктах, а й на всіх трасах (від міжнародних до обласних). Ці заправки повинні живитися не тільки від загальної мережі, а і від АСГЕЕ, що суттєво зменшить витрати на утримання заправок, а згодом і почне приносити прибуток.

Що стосується вітрогенераторів, то їх краще встановлювати далеко від населених пунктів уздовж або над автострадами [1]. Завдяки різноманітності існуючих вітрогенераторів є можливість вибирати їх конструкцію і розміри в залежності від конкретних умов експлуатації. Завдяки цьому можна досягти найбільшої ефективності їх роботи. Але самі по собі альтернативні джерела енергії не настільки ефективні, як хотілося б. Важливо об'єднати їх в єдину замкнену систему [1].

У Харківському національному автомобільному-дорожньому університеті розроблено і запатентовано ряд пристроїв, впровадження яких дозволить зробити великий стрибок у розвитку транспортної інфраструктури України, ставши передумовою широкого використання ЕБ [2–5].

Крім того, розроблено метод створення об'єднаної системи АСГЕЕ в транспортній інфраструктурі [1]. На рис. 1 представлено елемент даної системи на прикладі однієї зупинки і прилеглої до неї транспортної інфраструктури, де 1 – енергогенеруюче дорожнє покриття; 2 – пристрої примусового зниження швидкості, що генерують ЕЕ; 3 – енергогенеруюча платформа; 4 – зарядна станція для ЕБ; 5 – сонячні панелі розташовані на зупинці і на зарядній

станції; 6 – блок суперконденсаторів; 7 – сонячні панелі на даху ЕБ; 8 – АСГЕЕ з лінійним електрогенератором та електричною машиною обертального типу з триступеневим мультиплікатором на борту ЕБ; 9 – тягова підстанція.

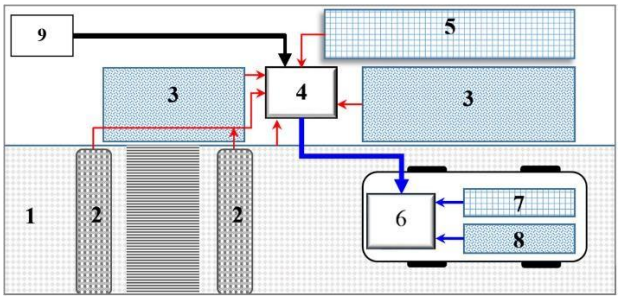

Рисунок 1 – Елемент об’єднаної системи АСГЕЕ для зарядки міських електробусів

Для успішного впровадження ЕБ необхідно послідовно виконувати наступні кроки: прийняття підзаконних актів, щодо підтримки і стимулювання розробки і впровадження енергоефективних технологій у транспортну інфраструктуру; розробка енергоефективного обладнання і технологій для електричного автотранспорту; розробка методичних вказівок і технічної документації; пошук постачальників сучасних матеріалів і виробників обладнання, згідно з технічною документацією; розробка програмного забезпечення для «інтелектуалізації» системи; підбір та навчання фахівців, які буду виконувати роботи з будівництва, монтажу та наладки; монтаж у відповідності до технічної документації; електричне підключення всіх складових системи; установка програмного забезпечення; налагодження роботи; експлуатаційний догляд і контроль за роботою.

Слід зазначити, що кожен з представлених пунктів вимагає глибокого аналізу і уточнень, тому планується далі проводити більш глибокі дослідження в цьому напрямку.

Висновки. Запропонований метод створення об’єднаної системи АСГЕЕ в транспортній інфраструктурі є важливим кроком осучаснення міського пасажирського транспорту, покращення екологічної ситуації, підвищення мобільності населення і зменшення аварійності на дорогах.

Список літературних джерел

1. Аргун Щ. В. Алгоритм підготовки транспортної інфраструктури до масштабного використання автодорожнього електротранспорту. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2016. Вип. 10. С. 12–18.

2. Багатофункціональні панелі дорожнього покриття: пат. 110807 Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А., та ін.; опубл. 25.10.2016.

3. Спосіб перетворення сонячної та кінетичної енергії в електричну за допомогою дорожнього покриття.: Гнатов А., Аргун Щ., Гнатова Г., та ін.; опубл. 25.10.2016.

4. Пристрій генерування електричної енергії: пат. 106587 Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А.; опубл. 25.04.2016.

5. Автоматична дорожня розмітка для керування рухом транспортних засобів: пат. 110808 Україна : E01C5/00, E01C17/00. № u 2016 03334 Україна. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Гнатова Г. А. та ін.; опубл. 25.10.2016.

УДК 656.051

к.т.н., проф.. Єганов О.Ю., Герасімов А.В.

АНАЛІЗ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАТРИМОК УЧАСНИКІВ РУХУ ПОЗА ЗОНОЮ ВПЛИВУ ПЕРЕХРЕСТЯ

Отримані аналітичні моделі витрат часу пішоходів і ТЗ при різних способах організації пішохідних переходів, які створюють основу для визначення оптимального варіанту організації дорожнього руху в місцях пересічення пішохідних та транспортних потоків на перегонах міських вулиць та автомобільних доріг

Вступ. Вдосконалення організації дорожнього руху на пішохідних переходах в Україні є досить актуальним питанням. Багато в чому актуальність цього питання обумовлена недостатнім ступенем опрацювання граничних умов, при яких слід приймати рішення щодо переходу від використання одного до застосування іншого варіанту організації пішохідного переходу. Найбільшою мірою це стосується взаємодії транспортних і пішохідних потоків на перегонах дорожньої мережі, так як у цьому напряму фахівцями в основному досліджуються причини конфліктів між пішохідними і транспортними потоками в зоні перехресть.

Метою роботи є створення аналітичних залежностей затримок пішоходів і транспортних засобів (ТЗ) при подоланні місць пересічення напрямів руху транспортних та пішохідних потоків на пішохідних переходах (ПП) в залежності від їх інтенсивності.

Для досягнення поставленої мети в роботах [1, 2, 3] розглядаються випадки взаємодії пішохідних і транспортних потоків на ПП, що розташовані на перегоні міських вулиць і автомобільних доріг поза зоною впливу перехресть. Дані умови надають можливості використовувати припущення, що прибуття пішоходів та ТЗ до ПП при різних способах їх організації являють собою найпростіший потік.

Аналіз публікацій. В Україні на теперішній час не існує сучасного нормативного документа, у якому установлювалися б єдині умови застосування різних типів пішохідних переходів. Ці умови розглядаються в декількох діючих в Україні нормативних документах: керівництві з регулювання дорожнього руху в містах, 1974 рік [4]; методичних рекомендаціях з регулювання пішохідного руху, 1977 рік [5]; ДБН В.2.3-5-2018 «Вулиці та дороги населених пунктів»[6]; ДСТУ 4092-2002 «Світлофори дорожні» [7] та Правилах Дорожнього руху України [8].

У ДБН В.2.3-5-2018[6] надаються загальні вимоги щодо організації пішохідних переходів, але у ньому не містяться норми, які б описували раціональні умови переходу від нерегульованого до регульованого пішохідного переходу на перегонах вулиць.

Частково подібні норми містяться у діючому в Україні ДСТУ 4092-2002 [7], котрий надає значення інтенсивності руху пішохідних і транспортних потоків, при перевищенні яких на пішохідних переходах, що розташовані на перегонах міських вулиць, необхідно вводити світлофорне регулювання:

- інтенсивність руху транспорту – 600 од./год. в двох напрямках;
- інтенсивність руху пішоходів через проїзну частину – 150 піш./год. в одному найбільш завантаженому напрямку.

Зазначені показники інтенсивності руху пішохідного і транспортного потоку є граничними умовами застосування нерегульованих і регульованих пішохідних переходів на перегонах міських вулиць. Але ці рекомендації не містять у собі критеріїв організації власне нерегульованого пішохідного переходу (НПП) та меж застосування різних форм світлофорного регулювання: з визивним пристроєм або без нього, з жорстким або гнучким циклом світлофорного регулювання.

Слід особливо позначити, що у ДСТУ 4092-2002 [7] взагалі не розглядається ситуація неорганізованого пішохідного переходу через вулицю, а саме з неї необхідно починати формування альтернативних варіантів організації взаємодії пішохідних та транспортних потоків. Ця ситуація передбачена діючими правилами дорожнього руху (ПДР) України [8], де пішоходу, після того, як він упевниться у відсутності небезпеки, дозволяється переходити дорогу під прямим кутом до краю проїзної частини в місцях, де її добре видно в обидва боки, в зоні видимості немає переходу або перехрестя, а дорога має не більше трьох смуг руху для обох його напрямків.

У керівництві з регулювання дорожнього руху у містах [4] для такого випадку наводиться лише твердження, що непозначені пішохідні переходи допускаються на вулицях і дорогах місцевого руху при інтенсивності транспортного руху до 300 од./год. сумарно в обох напрямках і відстанях між перехрестями не більше 200 м, а в інших випадках облаштовуються позначені пішохідні переходи.

Але згідно з діючими в Україні ПДР [8], пішохідний перехід на перегоні міської вулиці не може бути непозначеним, це не відповідає терміну «пішохідний перехід». У «Методичних рекомендаціях з регулювання пішохідного руху» [5] міститься наступне визначення:
«Пішохідним переходом називається спеціально позначена розміткою «зебра» або знаком 4.13 ділянка проїжджої частини або спеціальна інженерна споруда (підземний перехід або пішохідний місток), призначені для руху пішоходів». Тобто, саме поняття «непозначеного пішохідного переходу», яке застосовується у керівництві [4], не відповідає методичним рекомендаціям з регулювання пішохідного руху, 1977 р. [5] та діючим ПДР України [8]. Це протиріччя та відсутність кількісних оцінок порівняльної ефективності варіантів облаштування пішохідного переходу на перегоні та його відсутності, також викликає сумніви у достатньої обґрунтованості керівництва [4] та рекомендацій [5].

В керівництві з регулювання дорожнього руху в містах 1974 року [4], у пункті 7.14 розділу 7, надається чисельний показник інтенсивності руху транспорту, при якому припускається влаштування нерегульованих пішохідних переходів. На вулицях та дорогах міського руху він складає більше 300 од./год. сумарно в обох напрямках. Але звертаючи увагу на рік випуску [4], стає зрозумілим, що дане керівництво є технічно застарілим і не входить в нормативну базу України.

Що стосується робіт з визначення граничних умов застосування різних типів пішохідних переходів на перегонах міських вулиць, виконаних для подібних з Україною умов у країнах колишнього СРСР, то тут можна виділити дисертаційні дослідження зарубіжних вчених М.Г. Сімуль [9] та Є.М. Чікаліна [10].

Так, наприклад, в роботі [9] рекомендується застосовувати НПП на перегонах тільки магістральних вулиць районного значення з шириною проїзної частини не більше 8 метрів (проїжджа частина з двома смугами) при наступних умовах:

– інтенсивність руху транспорту, $N_{тр}$, від 1500 - 3500 од./год.

– інтенсивність руху пішоходів, $N_{піш}$, від 100 - 800 од./год.

При цьому в роботі [10] встановлено, що НПП на перегонах вулиць, зокрема з двосмуговою проїжджою частиною слід застосовувати:

– при $N_{тр}$ меншій ніж 600 од./год. та $N_{піш.}$ меншій ніж 150 од./год.;

– при $N_{тр}$ меншій ніж 500 од./год. та $N_{піш.}$ меншій ніж 160 од./год.;

– при $N_{тр}$ меншій ніж 400 од./год. та $N_{піш.}$ меншій ніж 170 од./год.

Порівняння між собою умов використання НПП в роботах [9,10] показує, що вони мають різні числові оцінки, які істотно відрізняються одна від одної.

Умови застосування регульованих пішохідних переходів(РПП) з визивним пристроєм (ВП) на перегонах вулиць і доріг, на відміну від «непозначених» та нерегульованих пішохідних переходів, представлені в науковій літературі більш широко та вивчались ще в радянські часи.

В роботі [11] розглядаються умови застосування пішохідних переходів з ВП, що наведені в зарубіжних нормативних документах (див. табл. 1). В ній визначено, що на вулицях

та дорогах з двома смугами руху при інтенсивностях руху пішоходів від 50 – 440 піш./год. та ТЗ від 1100 – 1300 од./год на одну полосу, слід застосовувати пішохідний визивний пристрій.

Таблиця 1 – Аналіз умов застосування пішохідних переходів з ВП в зарубіжних нормативних документах [12]

Керівництво /нормативний документ	$N_{піш}$	$N_{шк}^{*}$	$N_{тр}$
Policy and standards for pedestriancrossings / City of Columbia, Policy Resolution 134-00 (США)	50	-	3500
Florida Pedestrian Picnning and Design Handbook, 1999 (США)	25	-	600
The Design of Pedestrian Crossings / local Transport Note 2/95, 1995. (Англія)	-	-	3000
Traffic Signal Warrant/ Guidelines for Conducting a Traffic Signal Warrant Analysis, 2nd Edition (США)	190	20	-
Pedestrian Crossing Control Manual for British Columbia, 1994 (Канада)	40-60	-	-
Manual on Uniform Traffic Control Devices, 2009 (США)	-	20	-

$N_{шк}$*– інтенсивність руху школярів, піш./год.

А в роботі [9] для магістральної вулиці районного значення, шириною від 7 – 14 м РПП з ВП застосовуються при наступних інтенсивностях:

– 1500 – 3500 од./год.;

– 200 –1000 піш./год.

Аналіз наведених наукових публікацій [9, 11] підтверджує, що проблема визначення граничних умов застосування ВП на РПП на перегонах вулиць ще недостатньо досліджена. В першу чергу це стосується точності існуючих математичних моделей, які описують затримки пішоходів та транспортних засобів.

Серед українських досліджень викликає інтерес робота [13], в якій автори надають формулу для визначення доцільності застосування світлофорного регулювання на пішохідних переходах, але не зрозуміло, чи доцільно її використовувати як умову щодо введення ВП на РПП. Крім того, у роботі [13] не були показані розрахунки втрат від викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище та втрат від дорожньо-транспортних пригод та методи розрахунку середньої затримки одного пішохода і одного ТЗ на пішохідному переході, які необхідні для розрахунку сумарних затримок.

Загалом, на основі аналізу наведених наукових публікацій можна зробити висновок, що проблема визначення граничних умов використання різних способів організації перетину пішоходами перегонів міських вулиць досліджена ще недостатньо повно. Найбільшою мірою це стосується відсутності точного аналітичного апарату, який адекватно описує затримки ТЗ та пішоходів у містах пересічення транспортних та пішохідних потоків.

Результати дослідження. В попередніх роботах [1 – 3] були отримані аналітичні залежності витрат часу ТЗ і пішоходів на подолання місць пересічення напрямів руху транспортних та пішохідних потоків в залежності від їх інтенсивності для різних типів пішохідного переходу на перегонах ВДМ.

Час прибування пішоходів та ТЗ до пішохідного переходу є випадковими величинами, які мають показниковий розподіл з параметром λ для пішоходів та параметром μ для транспортного потоку.

За допомогою аналітичних розрахунків отримані загальні витрати пішоходів $T_п$ та транспортних засобів $T_а$ при подоланні пішохідних переходів з різними способами організації руху:

– без позначеного пішохідного переходу [1]:

$$T_{п_1} = \frac{1}{\mu}\left(e^{\mu\tau} - 1 - \mu\tau\right)\cdot\lambda; \quad (1)$$

– на НПП [2]:

$$T_{п_2} = \frac{1}{\mu}\left(1 - e^{-\mu l} - \mu l e^{-\mu l}\right)\cdot\lambda; \quad (2)$$

$$T_{а_2} = \frac{\exp(\lambda\cdot\tau) - 1}{\lambda}\cdot\mu; \quad (3)$$

– на РПП [3]:

$$T_{п_3} = \left(\tau_г + \frac{1}{2}t_д\right)\cdot\frac{\tau_г + t_д + \frac{1}{\lambda}e^{-\lambda t_д}}{\tau_г + t_д + \frac{1}{\lambda}e^{-\lambda t_д} + t_з}\cdot\lambda; \quad (4)$$

$$T_{а_3} = \frac{\left(\tau_г + \frac{1}{2}t_з\right)\cdot t_з}{\tau_г + t_д + \frac{1}{\lambda}e^{-\lambda t_д} + t_з}\cdot\mu, \quad (5)$$

де τ – час переходу пішохода через проїжджу частину, с; l – мінімум з часу переходу пішоходом по зебрі через проїжджу частину і часу гальмування ТЗ; $t_д$ – мінімальна тривалість дозволяючого сигналу для ТЗ, с; $t_з$ – мінімальна тривалість для заборонного сигналу ТЗ, с; λ – інтенсивність пішохідного потоку, піш./с; μ – інтенсивність транспортного потоку, од./с.

Залежності (1-5) отримані на основі класичних постулатів теорії масового обслуговування та є об’єктивною оцінкою витрат часу основних учасників руху на подолання ПП за умови відповідності потоків прибуття пішоходів та ТЗ до місця їх пересічення на перегонах ВДМ поза зоною впливу перехресть. Для отримання сумарних витрат учасників руху на таких ПП необхідно отримати обґрунтоване значення коефіцієнтів значущості витрат часу кожного виду учасників руху – пішоходів та ТЗ.

Висновки. Розроблені на теперішній час нормативи України не надають проектувальникам схем організації дорожнього руху чітких вказівок щодо умов ефективного використання різних типів пішохідних переходів на ВДМ міст та регіонів.

Наведені аналітичні залежності витрат часу пішоходів та ТЗ на подолання ПП (1-5) створюють надійну основу для розрахунку та аналізу сумарних витрат часу всіх учасників руху з метою визначення раціональних умов використання ПП при різних способах їх організації на перегонах ВДМ з точки зору економії часу.

Список літературних джерел

1. Горбачов П.Ф., Макарічев О.В., Атаманюк Г.В. Модель визначення затримки пішоходів при переході вулиць і доріг поза пішохідним переходом. Автомобільний транспорт. 2017. №41. С. 82-91.

2. Горбачов П.Ф., Макарічев О.В., Атаманюк Г.В. Дослідження затримок учасників руху при пересіченні пішоходами вулиць і доріг через нерегульовані пішохідні переходи. Автомобільний транспорт. 2018. №42. С. 80-88.

3. Горбачов П.Ф., Макарічев О.В., Атаманюк Г.В. Дослідження затримок учасників руху при пересіченні пішоходами вулиць і доріг через регульовані пішохідні

переходи.Автомобільний транспорт. 2019. №44. С. 40-49.

4. Руководство по регулированию дорожного движения в городах. – М.: Стройиздат, 1974. – 97с.

5. Методические рекомендации по регулированию пешеходного движения. – М.: ВНИИБДД МВД СССР, 1977. – 51 с.

6. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3-5-2018. – К.: Держбуд України, 2018. – 55 с.

7. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки: ДСТУ 4092–2002. – [Чинний від 2002-06-03] – 31 с.

8. Правила Дорожнього руху України (із змінами внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 11.07.2018 № 553. (Редакція діє з 18липня 2018 року). URL: http://pdd.ua.

9. Симуль М.Г. Повышение безопасности дорожного движения в зонах пешеходных переходов на магистральных улицах: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.10 / Симуль Мария Геннадиевна. – Омск, 2012. – 20 с.

10. Чикалин Е.Н. Повышение эффективности организации дорожного движения в зонах нерегулируемых пешеходных переходов : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.10 / Чикалин Евгений Николаевич. – Иркутск, 2013. – 20 с.

11. Слободчикова Н.А. Совершенствование организации дорожного движения на основе применения пешеходных вызывных устройств: дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Слободчикова Надежда Анатолиевна. – Иркутск, 2010. – 174 с.

12. LTN 2/95 The Design of Pedestrian crossings. URL: https://www.gov.uk/ government/publications/ the-design-of-pedestrian-crossin gs-ltn-295.

13. Рейцен Є.О., Толок О.В., Уразбаєв В.О. Науковий підхід до визначення граничних умов застосування різних типів пішохідних переходів на перегонах міських вулиць. Містобудування та територіальне планування. 2014. Вип. 52. С. 346-355.

УДК 656.073.3

д.т.н., проф. каф. Думенко К.М., Жданов А.М.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

У статті запропоновано підхід визначення раціональної технології доставки вантажів в міжнародному сполученні, яка дозволяє за допомогою визначення й оцінки вхідних параметрів розрахувати сумарні витрати на доставку та обрати раціональну схему, яка враховує вимоги замовників, особливості та різноманітність комбінацій виконання операцій на різних видах транспорту

Транспорт представляє собою галузь виробництва, що забезпечує життєво необхідні потреби суспільства у перевезенні вантажів, входить до складу інфраструктури виробництва, обслуговує основні галузі економіки та вносить вклад у розвиток усієї держави. Забезпечуючи переміщення вантажів, транспорт вносить значний вклад у розвиток зовнішньоекономічних, науково-технічних, культурних та інших зв'язків. Відповідно до цього визначається тенденція збільшення попиту на транспортні послуги, як за обсягом, так й за номенклатурою [1].

Міжнародні автомобільні перевезення займають особливе місце у розвитку міжнародної торгівлі, існуючи однією з найбільш важливих складових зовнішньоекономічної діяльності та постійно користуються великим попитом, бо з кожним днем зростає кількість замовлень на доставку вантажу будь-яким видом транспорту. Логістичні аспекти оптимізації функціонування різних видів транспорту й транспортного комплексу в цілому, організація автомобільних вантажних перевезень в міжнародних сполученнях досліджені в роботах [2,3,4], що базуються на використанні функціональних залежностей при вирішенні локальних завдань шляхом прямого порівняльного аналізу, на пошуку екстремальних значень функцій при обмеженій кількості критеріїв, які дозволяють отримати результати з раціонального розвитку та оптимізації процесу функціонування автомобільного та інших видів транспорту. Таким чином, міжнародні автомобільні перевезення слід розглядати як найважливіший стратегічний ресурс України, використання якого може стати визначальним чинником розвитку зовнішньої економіки.

Аналіз наукових робіт в сфері організації міжнародних перевезень показав, що потрібно звернути увагу на нормативно-правову базу на спрощення митних й прикордонних правил оформлення документів в портах, підвищення ефективності використання технічних засобів доставки вантажів, вдосконалення функціонування існуючих технологій та впровадження нових [5,6]. Виявлено проблему організації доставки вантажів у міжнародному сполученні між різними видами транспорту. На основі цього були запропоновані альтернативні схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні. Розглянуті альтернативні схеми обслуговування замовлень враховували можливі комбінації виконання операцій та модель із описом факторів, що впливають на систему. В якості вхідних запропоновано запропоновані такі показники: кількість транспортних засобів; номінальна вантажність; загальна сума грошових витрат на доставку, з урахуванням зовнішніх факторів, які мають позитивний або негативний вплив; відстань перевезення; обсяг одного замовлення, кількість митних пунктів; вартість *i*-ї операції. З математичної точки розу побудовано цільову функцію, яка враховує витрати на всі операції, які виконуються на етапі доставки вантажів.

Запропоновано методику доставки вантажів в міжнародному сполученні, яка дозволяє за допомогою визначення та оцінки вхідних параметрів, розрахувавши сумарні витрати на доставку, вибирати одну із запропонованих схем. Проведені розрахунки враховують вимоги замовників, особливості та різноманітність комбінацій виконання операцій на кожному із

видів транспорту, а також організаційну складову при перевезенні вантажів. Визначені числові значення оціночного показника – сумарних витрат на доставку в залежності від значень вхідних параметрів та схем доставки вантажів, які показують загальну тенденцію збільшення, а саме при збільшенні відстані та обсягу перевезення.

У схемі, за умов зміни відстані перевезення від 2 тис. км. до 8 тис. км. й обсягу партії від 15 т. до 25 т., найбільш економічним виявлено перевезення п'ятнадцяти тон, а найбільші витратним - при перевезеннями партіями по двадцять п'ять тон.

Таким чином, відповідно до обраної раціональної схеми у міжнародному сполучені за результатами визначення ефекту при зміні відстані визначено сумарні витрати на доставку, які враховують вимоги замовників, особливості та різноманітність комбінацій виконання операцій з урахуванням різних видів транспорту.

Список літературних джерел

1. Курганов В. М. Международные перевозки Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Курганов В. М., Миротин Л. Б. / М.: Издательский центр Академия, 2011. - 304 с.

2. Naumov, V., Shulika, O., Velikodnyi, D. (2015). Results of experimental studies on choice of automobile intercity transport delivery schemes for packaged cargo. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics, 17(7), 87-91.

3. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina [online]. 2019, 21(2), p. 3-12.

4. Aulin, V., Hrynkiv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D., Zamota, T, Pankov, A, Sokol, M, Ratynskyi, V, Lavrentieva O. Increasing the Functioning Efficiency of the Working Warehouse of the "UVK Ukraine" Company Transport and Logistics Center. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina [online]. 2020, 22(2), p. 3-14.

5. Aulin, V., Pavlenko, O., Velikodnyy, D., Kalinichenko, O., Zielinska, A., Hrinkiv, A., Diychenko, V., Dzyura, V. (2019). Methodological approach to estimating the efficiency of the stock complex facing of transport and logistic centers in Ukraine. Proceedings Paper 1st International Scientific Conference on Current Problems of Transport (ICCPT), 120-132.

6. Павленко, О.В. Формування раціональної схеми обслуговування замовлень на доставку вантажів транспортно-експедиторським підприємством [Текст] / О.В. Павленко, Д.О. Великодний // Комунальне господарство міст. - 2020. - 154. – С. 223-230.

УДК 656.072

к.ф.-м.н., доц. каф. Арамян А.М., Жданов А.М., Мозуль Г.В.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ З УРАХУВАННЯМ ВИБОРУ МАРШРУТУ ПАСАЖИРОМ

У статті запропоновано можливі стратегії поведінки пасажира при виборі маршруту пересування. За результатами імітаційного моделювання виявлено, що пасажири вирішують проблему вибору маршрутів опираючись на маршрути міського пасажирського транспорту, в яких інтервал руху найменший, а вартість проїзду - мінімальна

Організація перевезень пасажирів міським транспортом має велике значення в розвитку та функціонуванні будь-якого міста. Проблемою міського пасажирського транспорту (МПТ) є підвищення праці автомобільного транспорту загального користування. На продуктивність їх праці впливає: незадовільний розвиток транспортної сітки та маршрутної системи міста; нераціональне використання транспорту загального користування; погана якість транспортного обслуговування; зменшення парку автобусів; недосконалість системи швидкісних та експресних автобусних маршрутів у містах [1, 2].

Перед пасажирським комплексом поставлено ряд завдань: визначення розподілу пасажиропотоку; вибір пасажиром маршрутом пересування; покращення рівня техніко-експлуатаційних показників роботи транспортного засобу; збільшення ефективності використання рухомого складу; збереження лідируючих позицій на ринку транспортних послуг [3]. Одним з найбільш прийнятних методів оцінки ефективності МПТ із погляду використання економічних та трудових ресурсів є моделювання процесу його роботи [4,5]. Використання методів моделювання міських пасажирських перевезень дозволяє найбільше ефективно оцінювати різні наслідки зміни параметрів маршрутної мережі [6].

При досліджені МПТ, на прикладі маршрутної мережі міста Кропивницького, було запропоновано можливі стратегії поведінки пасажира при виборі маршруту пересування. За результатами анкетного опитування виявлено, що пасажири віддають пріоритет маршруту, який перший прибуває на зупинний пункт, тобто пасажир обирає маршрут, час очікування якого є мінімальним. Виявлено, що пасажири вирішують проблему вибору маршрутів опираючись на маршрути МПТ, в яких інтервал руху найменший та вартість проїзду в яких мінімальна.

При дослідженні ефективності функціонування МПТ математичну модель не розроблялася, тому що при побудові такої моделі необхідні чіткі та точні аналітичні залежності, в даному випадку їх не може бути, тому що об’єктом дослідження є процес вибору пасажирами маршрутів МПТ, а цей процес являється випадковим. Статистичне моделювання може бути використано, як доповнення до імітаційного моделювання. Тому що це моделювання базується на статистичних даних, які отримують в ході пасивного експерименту. Статистичне моделювання надає змогу визначити природу отриманих даних, а дані можна отримати при імітуванні поведінки системи при певних умовах її функціонування. Тому для побудови моделі визначення ефективності МПТ застосовано метод імітаційного моделювання. А як критерій ефективності при виборі найбільш оптимального маршруту МПТ, буде виступати середній час очікування пасажиром транспортних засобів на зупиночному пункті.

Для дослідження ефективності функціонування МПТ міста Кропивницького були обрані три маршрути загального користування. Для отримання інформації про принципи, за якими пасажири обирають маршрути МПТ для пересування, організоване спеціальне

спостереження за пасажирами – анкетування. При дослідженні фіксувався час простою транспортного засобу на кінцевій зупинці, номер рейсу, час відправлення транспортного засобу та кількість пасажирів, які обрали маршрут. За допомогою програми STATISTICA 8.0 визначено за яким законом розподіляється випадкова величина, тобто час очікування пасажиром маршруту МПТ для здійснення перевезення. При експериментальному дослідженні, проведеному на прикладі елементів маршрутної мережі МПТ, в ранковий період час-пік, виявлено фактично перерозподіл пасажиропотоків між обраними маршрутами. Так встановлено, що 42,8% пасажирів обрали автобусний маршрут №111А, 30,2% пасажирів обрали маршрут №111Б, 27% пасажирів обрали маршрутне таксі №111.

Таким чином, аналіз результатів імітаційного моделювання дозволив зробити висновок, що маршрут №111 менш привабливий, ніж маршрут № 111А та маршрут №111Б по таким показникам як: інтервал руху, вартість проїзду та наявність вільних місць для сидіння. Тому цим показникам потрібно уділяти найбільшу увагу на маршруті №111, а на маршрутах №111А та №111Б, щоб досягти досконалості потрібно приділяти увагу такому показнику як швидкість пересування.

Список літературних джерел

1. Аулін В.В., Голуб Д.В. Стан структури та основні напрямки розвитку пасажирського транспорту загального користування в м. Кіровограді / В.В. Аулін, Д.В. Голуб // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету.- Вип. 18. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – С. 288-292.

2. Аулін В.В., Голуб Д.В. Аналіз системи перевезення пасажирів у містах, основні тенденденції її розвитку і шляхи удосконалення / В.В. Аулін, Д.В. Голуб // Вісник національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч. 2.- К.: НТУ, 2007.- Випуск 15. – С. 279-284.

3. Аулін В.В., Голуб Д.В. Якість перевезень пасажирів як невід'ємна частина транспортного процесу / В.В. Аулін, Д.В. Голуб // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім.. М. Остроградського – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 5/2008 (52) частини 2. – С. 80 – 84.

4. Vdovychenko V., Samchuk G., Velikodnyi D. Formation of system efficiency of urban public passenger transport under conditions of open competition. Innovative Economy: Processes, Strategies, Technologies: International scientific conference, Part I. Kielce, Poland: Baltija Publishing, 27 January 2017. P. 150-152.

5. Вдовиченко В.О., Великодний Д.О., Нікітченко В.М. Дослідження перерозподілу пасажиропотоків на міських маршрутах пасажирського транспорту міста Кривого Рогу. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали III міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Вінниця: ВНТУ, 14-16 квітня 2015. С. 50-53.

6. Великодний Д.О., Вдовиченко В.О. Підвищення ефективності взаємодії міського пасажирського транспорту в пересадочному транспортному вузлі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, Вінниця: ВНТУ. 15-16 квітня 2016. С. 25-27.

УДК 656:338

д.т.н., проф. каф. Думенко К.М., Писаренко О.І.

ПРИНЦИПИ САМООРГАНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Розглянуто формування принципів безвідмовної роботи автомобільної транспортної системи, наведено її структурну схему та виділено основні поняття

Будь-яка автомобільна транспортна система (АТС) проходить ряд етапів життєвого циклу, на яких присутні різні технічні проблеми, пов’язані з надійнфстю її функціонування. На перших етапах розробки і конструювання системи формуються основні показники якості АТС, а саме безвідмовності і відновлюваності. На подальших етапах випробувань різного виду ці показники перевіряються і підтверджуються, а на завершальному етапі експлуатації - показники проявляються. А тому ідея розробки і створення системи реалізується на завершальному етапі - етапі експлуатації [1].

Кожна система створюється для експлуатації і отримання певного ефекту від її роботи. Звідси слідує особлива роль етапів організації і експлуатації, оскільки усі зусилля, витрачені на створення надійної системи, можуть бути зведені нанівець неправильно або нераціонально організованою експлуатацією [2-4].

З іншого боку, експлуатація автомобільних транспортних систем з низькими характеристиками надійності також може привести до значних втрат та істотно понизити ефективність їх використання.

Отже, виникає логічна послідовність вирішення двох найважливіших завдань:

- організація автомобільних транспортних систем, що мають високі показники надійності;
- розробка правил експлуатації, що дозволяють повною мірою використати високі показники надійності створюваної системи.

Правила організації і експлуатації АТС впливають на міру досягнення цілей, для яких створюється система. Тому вони повинні мати властивість оптимальності, тобто забезпечувати по можливості максимальну ефективність функціонування системи.

Якщо дослідження показали, що навіть оптимальні правила організації і експлуатації не забезпечують необхідної ефективності, то переважною стає рання розробка правил самоорганізації на етапі розробки і конструювання, коли ще можливі конструктивні зміни і зміни принципів функціонування, що істотно впливають на характеристики безвідмовності і відновлення, а отже, підвищення ефективності [5, 6]. Таким чином, отримуємо, що для кожної АТС мають бути визначені науково обгрунтовані правила організації і експлуатації, причому ці правила створюються для кожної системи на етапі її розробки і повинні забезпечувати максимальну надійність і ефективність функціонування системи.

Правила організації і експлуатації повинні грунтуватися на об'єктивних характеристиках надійності, безвідмовності і відновлення АТС і певною мірою залежати від цих характеристик. Одним з найважливіших чинників, що впливають на визначення правил організації і експлуатації, є характер самостійного прояву відмов, що з'явилися в АТС, що зв'язується з наявністю контролю працездатності різних підсистем досліджуваної системи. Важливими чинниками є умови експлуатації і витікаючі з них різні обмеження. Тому для розробки правил організації і експлуатації мають бути визначені умови функціонування АТС і різні обмеження та мають бути задані:

- структурна функція транспортної системи, що залежність часу безвідмовної роботи системи від часів безвідмовної роботи підсистем;

- розподіли часів безвідмовної роботи окремих елементів, що становлять систему, або розподіли часів безвідмовної роботи системи в цілому або її окремих підсистем;

- перелік відновних заходів, проведення яких можливе в системі, розподіли тривалості цих робіт, вплив цих робіт на характеристики безвідмовності;

- розподіл тривалості самостійного прояву відмови, що з'явилася в системі.

Безвідмовність як властивість системи характеризується випадковим часом безперервного працездатного функціонування системи до моменту відмови [7].

Безвідмовності функціонування автомобільної транспортної системи можна зобразити у вигляді структурної схеми (рис. 1.).

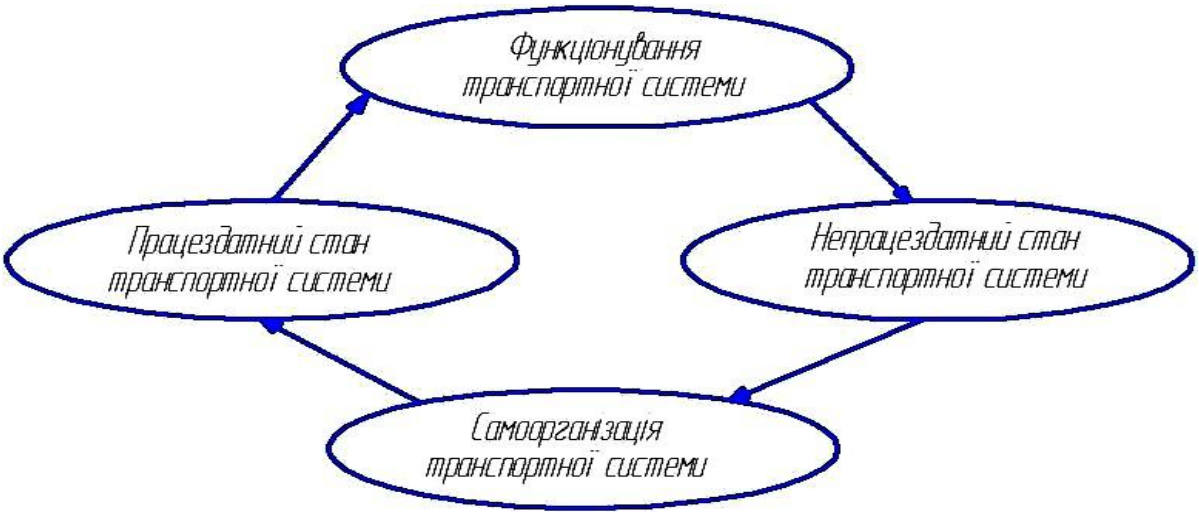

Рисунок 1 – Структурна схема безвідмовності функціонування автомобільної транспортної системи

У цьому визначенні виділено три поняття: поняття нової системи, поняття відмови системи і поняття безперервної роботи. Відповідно їх можна охарактеризувати у вигляді наступних етапів:

- у деякий момент часу t=0 починає функціонувати нова система, яка ще не працювала;

- виділяється стан або безліч станів, досягнення яких кваліфікується як відмову системи;

- система безперервно, без якого-небудь втручання працює до моменту досягнення стану відмови.

Довжина інтервалу від моменту t=0 до моменту досягнення стану відмови називається випадковим часом безвідмовної роботи системи, яке повністю визначається своєю функцією розподілу при умові $t \geq 0$ та $F(0) = 0$:

$$F(t) = P\{\xi < \mathrm{t}\}. \tag{1}$$

Надалі для характеристики безвідмовності, при умові $t \geq 0$, $\bar{F}(0) = 1$, використовуватимемо позначення:

$$\bar{F}(t) = P\{\xi \geq \mathrm{t}\} = 1 - F(t). \tag{2}$$

Викладені принципи самоорганізації функціонування АТС можуть бути покладені в основу практичної діяльності науково-дослідних організацій і автотранспортних підприємств, що досліджують напрямки безвідмовності та відновлюваності транспортного процесу.

Список літературних джерел

1. Курьянова О.Е. Повышение надежности автотранспортного процесса. Сборник докладов: Актуальне проблеммы транспортной политики. Наука и образование. – М.: МАДИ, 2002. – С. 57-60.

2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В. Методологічний підхід до визначення рівня якості функціонування транспортних систем // Вісник машинобудування та транспорту. №1(7), 2018. С. 4-9.

4. Курганов В.М. Параметры надежности транспортных систем / В.М. Курганов, М.В. Грязнов / Бюллетень транспортной информации, № 11 (185), ноябрь 2010. - С. 34-36.

5. Бочкарев А.А., Бочкарев П.А. Проблема надежности цепи поставок /Логистика: современные тенденции развития: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. 15, 16 апреля 2010 г. /ред. кол.: В.С. Лукинский и др. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010, с. 64-67.

6. Рассоха В.И. Повышение эффективности эксплуатации автомобильного транспорта на основе разработанных научно-технических, технологиче-ских и управленческих решений: дисс. … д-ра техн. наук – Оренбург, 2010. – 289 с.

7. Грязнов М.В. Подходы к надежности транспортных систем // Мир транс-порта. – 2010. - № 2. С. – 14-19.

УДК 629.083

Мишелов М.В., Ткачук О.М.

СИСТЕМНА КОНЦЕПЦІЯ АНАЛІЗУ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ ТА ЗМІНИ ЇЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Приведена до розгляду системна концепція, що дає змогу аналізувати зміну технічного стану автотранспортних машин підчас їх експлуатації. З'ясовано основні характеристики станів та особливості їх зміни з інформаційної точки зору. Запропонована концепція дасть змогу розробляти автоматизовані процеси функціонування технічного сервісу автотранспортних машин підчас їх експлуатації

Постановка проблеми. Існуюча система технічного сервісу орієнтована на усунення наслідків відмов автотранспортних машин (АТМ). Рівень експлуатаційної надійності нових АТМ постійно підтримується фірмовим обслуговуванням. В складних умовах експлуатації він виявляється недостатньо високим і відмови елементів, вузлів, агрегатів і систем АТМ постійно змінюється під впливом найрізноманітніших факторів, статистику яких поки не визначено. У зв'язку з цим виконання даного дослідження спрямоване, перш за все на розкриття, на основі системного підходу, сутності технічного стану АТМ, що в подальшому дасть змогу вирішити завдання, які пов'язані з удосконаленням технічного сервісу АТМ

Аналіз останніх досліджень. Основними характеристиками, що відображають зміну технічного стану є діагностичні параметри, але їх вибір та різноманіття не дає змогу в автоматизованому режимі характеризувати загальний технічний стан АТМ [1], тому бажано переосмислити концепції, що його описують. На основі опису експлуатаційних станів АТМ, та обґрунтуванні необхідної стратегії ТО можливо збільшити їх ресурс [2, 3], але необхідно додатково сформувати раціональну інформаційну базу даних. Підбір необхідних інформативних діагностичних показників є ключовим питанням в експлуатації [4, 5], але слід розподілити їх за важливістю та необхідністю.

Завдання даного дослідження полягає в розробці принципів та узагальненої системної концепції аналізу автотранспортної техніки зі зміною технічного стану підчас експлуатації.

Виклад основного матеріалу. АТМ є складними технічними системами, тому процеси, що відбуваються в них, важко алгоритмізуються і описати їх у вигляді математичних співвідношень практично неможливо. У зв'язку з цим, для характеристики стабільних ситуацій в експлуатації АТМ або змін їх технічного стану, як правило, використовують різні теорії систем автоматичного регулювання, біології, інформатики і т.д. Функціонування АТМ при цьому можна охарактеризувати як процес переробки вхідної інформації.

Стан АТМ, як системи, це сукупність істотних властивостей, якими система володіє в кожен момент часу. Інформація про стан визначальних функціональних елементів і систем АТМ дозволяє прогнозувати значення вихідних змінних параметрів. Однак, це досягається тільки при стаціонарних процесах функціонування АТМ.

Якщо основні функції АТМ практично не змінюються протягом визначеного періоду експлуатації, то процес функціонування АТМ прийнято вважати стаціонарним. У цьому випадку реакція на один і той вплив на АТМ не залежить від моменту його прикладання.

Ситуація значно ускладнюється, якщо основні функції АТМ змінюються в часі, що характерно для нестаціонарних умов функціонування технічних систем. Процес функціонування АТМ вважається нестаціонарним, якщо її основні функції різко змінюються в часі.

В процесі експлуатації на АТМ здійснюється динамічний вплив з боку зовнішнього середовища, оператора і експлуатаційних процесів. Це призводить до порушення стаціонарного стану АТМ, але з часом формуються до нові рівноважні стани, діагностичні

параметри значення, яких будуть іншими. Таким чином, спостерігається процес переходу до нового стану, який прийнято називати перехідним станом.

Якщо АТМ, як складна технічна система, виводиться з рівноважного стану одноразовим впливом, але самостійно повертається у вихідний стан, то маємо справу зі стійкою рівновагою. Якщо ж найменше, навіть випадковий вплив призводить АТМ до виходу з рівноважного стану, і вона не може повернутися в цей стан самостійно, то спостерігається стан нестійкої рівноваги, якої підчас експлуатації обов'язково потребує виконання різних технологічних операцій технічного сервісу АТМ.

Процес переходу АТМ з одного стану в інший можна охарактеризувати, як експлуатаційну поведінку. Даний термін вживається в тих випадках, коли АТМ змінює свої діагностичні параметри під впливом або випадкових і невизначених факторів, або визначених факторів і невизначеного механізму впливу.

Щоб дати характеристику процесів, пов'язаних зі зміною експлуатаційної поведінки АТМ доцільне використання таких понять: середовище, стан системи, поведінка, цілісність, діяльність, функціонування, зміна, адаптація, еволюція, розвиток, навчання, еквіфінальність, цілеспрямованість експлуатаційної поведінки АТМ. Жорсткої ієрархічності і послідовності перерахованих ознак технічних систем всередині описаної структури понять немає. У різних випадках між ними може бути і не бути співвідношень.

Використання систем моніторингу процесів зміни технічного стану дозволяє значно підвищити ефективність прийняття рішень щодо виникаючих ситуацій в системах управління процесами експлуатації АТМ, виходячи з сутності перехідних технічних станів. Однак, управління процесами експлуатації АТМ не може передбачити способи розвязання всієї множини виникаючих ситуацій і невизначеностей [6]. Моніторинг, що представляє собою безперервний процес збору, обробки, оцінки інформації та підготовки рішень, спрямованих на досягнення цілей і завдань експлуатації АТМ, дозволяє знизити ентропію стану системи технічного сервісу АТМ, оскільки дає підстави судити про правильність прийнятих рішень з конкретних проблем.

У сучасному складному механізованому виробництві використання інформації, інформаційних систем і комунікацій має вирішальне значення для успіху застосування АТМ за їх призначенням. Інформація, а також системи і комунікації, які її надають, пронизує всі рівні сучасних організацій. Вся основна нормативно-технічна документація вимагає, щоб експлуатуюча організація застосовувала відповідні методи моніторингу і, де це доцільно, проводили вимірювання процесів [7]. Для виконання цієї вимоги кожному експлуатаційному (і сервісному) підприємству необхідно визначити свої вимоги до моніторингу процесів, вимірювань і правил їх виконання. Це дозволяє продемонструвати здатність досягнення запланованих результатів. В протилежному випадку необхідно розробляти і впроваджувати коригувальні або попереджувальні дії для забезпечення ефективності експлуатації АТТ. В експлуатуючій організації повинна існувати чітка процедура ведення постійної звітності проведення моніторингу та вимірювань, яка необхідна для оцінки рівня розвитку системи експлуатації АТМ і її впливу на економічні показники підприємства.

Висновки

На основі запропонованої концепції стає можливим розглядати технічний стан автотранспортних машин з системного аналізу. Запропоновані основні характеристики стаціонарного та перехідного технічного стану АТМ. Зазначено особливості, що дають змогу переосмислити підхід технічного сервісу АТМ в більш автоматизованому варіанті. Дана автоматизація повинна проходити з принципів максимальної адаптації та підтримки ресурсу АТМ, тобто залишати якнайдовше стаціонарний технічний стан при експлуатації.

Список літературних джерел

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Мартиненко О.Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної

сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. Вип. 158. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Харків. 2015.-С.252-262. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5172

2. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегій технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 28. Кіровоград: КНТУ, 2015. С 126-131. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/1169

3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Черновол М.І. Узгодження зміни технічного стану з раціональним вибором об'єкту діагностування. Вісник інж. академії України. 2015. №2. С. 182-188. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9360

4. Аулін В.В., Гриньків А.В., Замота Т.М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання методів теорії чутливості. Вісник інж. академії України. 2015. №3. С. 66-72. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9361

5. Гриньків А.В. Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів. Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосп. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2016. №29. С. 25-32. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/3397

6. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С.36-41. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5173

7. Аулин В.В., Гринькив А.В. Связь информационной энтропии с показателями надежности агрегатов и транспортных средств. Материалы X межд. научно-техн. конф. "Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта, ПГУАС. г. Пенза. 2015. С.39-44. http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9410

УДК 629.331: 661.961

д.т.н., проф. каф. Бандура В.М., Штембуляк В.П.

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 втому 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 авторинку, 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 згоряння, 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 (CnHm) зменшується в півтора рази, оксидів нітрогену (NnOm) – 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 згоряння, 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 покажчика найкращих двигунів внутрішнього згоряння. 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 м², 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°С).

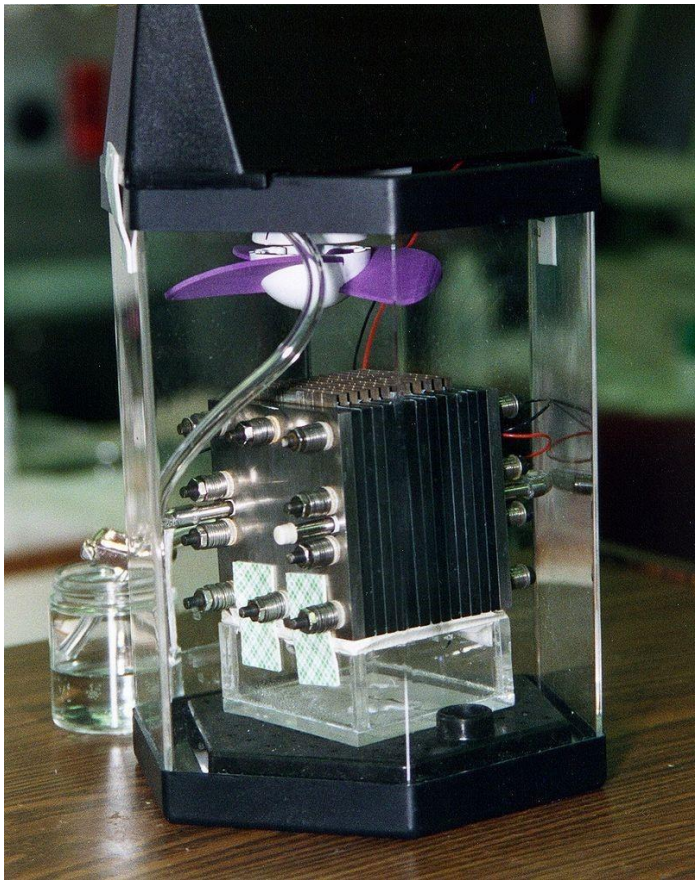

Рисунок 2 – Метаноловий паливний елемент

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 помп 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 замін. 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 Genepax 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 наллєш. 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 Фраудакис (George Froudakis) і його команда з Крітського 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.

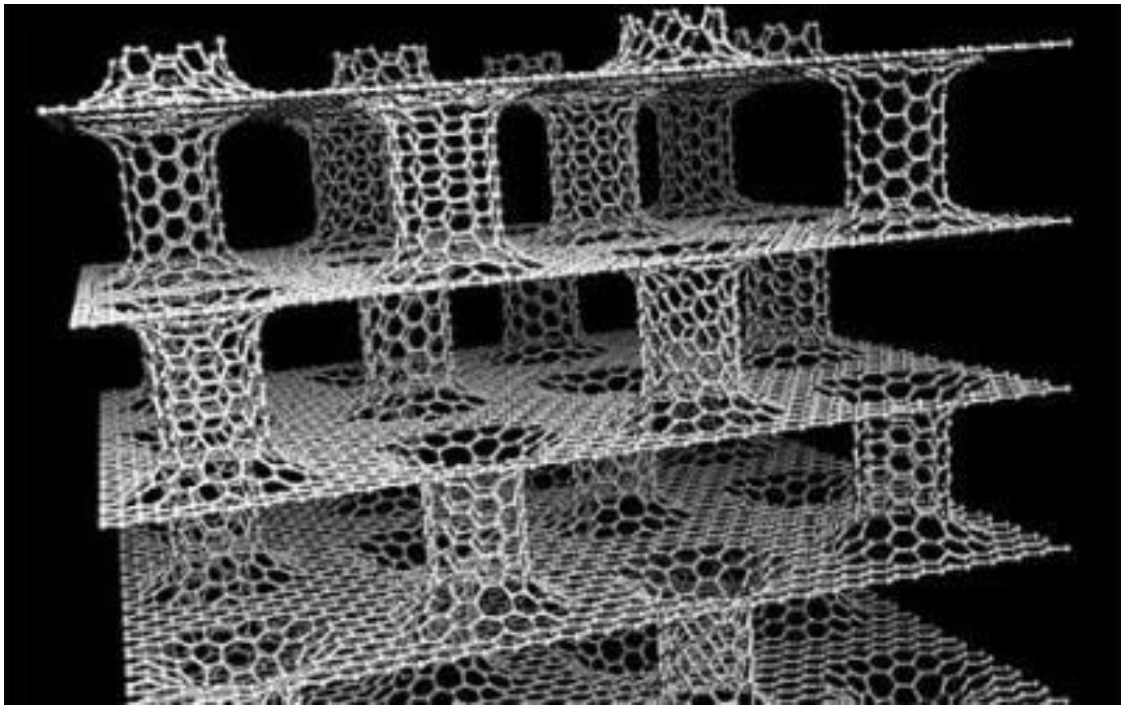

Рисунок 4 – Проєкт нового паливного баку для водню

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 фулереном 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 III Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 12-13 травня 2009 р ”. Краснодон, 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 // Зб. Наук. Праць СНУ.-Частина II.- 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.

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_vycislitelnogo_materialovedenia_Visnik_Shidnoukrainskogo_nacionalnogo_universitetu_imeni_Volodimi

8. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Мочульський В.М., Гребенюк С.О., Глюзицький О.О. Дослідження матеріалів для розробки гібридних автомобілів // Матеріали IV-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., Hawrilyuk M., Eliasz 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 Szkola Obrobki Skrawaniem, Rzeszow-Lancut, 2016. – S. 447-452.

10. Balyts’kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Eliasz, 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=resultslist&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., Рулєвська 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 доступа: 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-.

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_diagnostiki_tehnicnih_sistem_za_analizom_produktiv_znosuvanna_ta_rizanna_Konferencia_molodih_naukovciv_i_specialistiv_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

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_materiali_VI-oi_Miznar_nauk-tehn_internet-konf_12-13_kvi.

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. Сербия. Белград. Режим доступа: 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 воденьвмісному 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 № u 2017 11856; Чинна від 4.12.2017.- 4 с. Бюл.№ 14, 25.07.2018. http://base.uipv.org/searchlnvStat/. - індентифікатор 2484230718.

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

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

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

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

29. Toyota Mirai — серийный автомобиль на водороде. 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

УДК 629.331: 661.961

д.т.н., проф..каф. Бандура В.М., Штембуляк О.П.

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 втому 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°С) 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°С, після чого виходять спирти (метанол, етанол), які, перетворюються на водень. Також можна нагріти біомасу до більш високих температур (1000°С), тоді вона повністю перетвориться на газ і вийде суміш H_2 і CO. 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 отриманні 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).

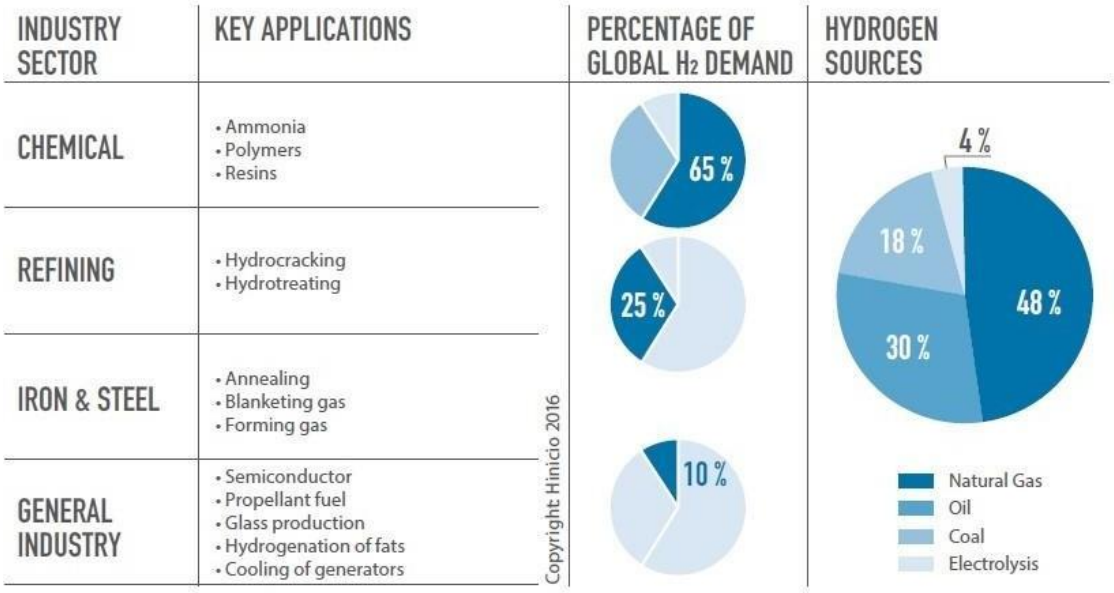

Рисунок 1 – Світовий попит і джерела виробництва водню. Джерело: IRENA, Hydrogen from renewable power. Technology outlook for the energy transition, Sep'18 [47]

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.

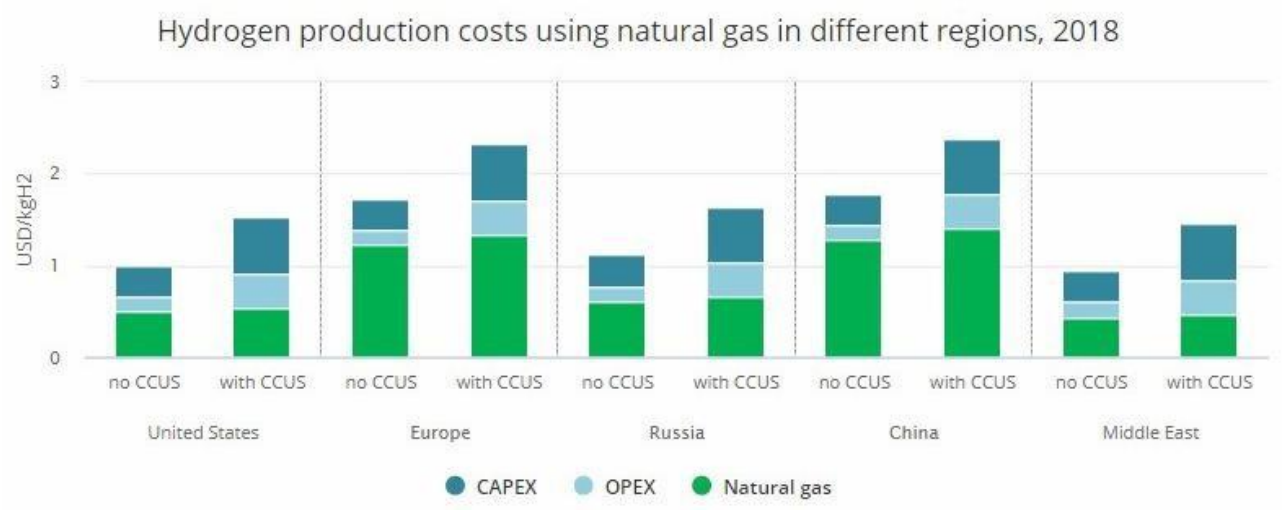

Рисунок 2 – Витрати на виробництво водню з використанням природного газу в різних регіонах. Джерело: The Future of Hydrogen Seizing today's opportunities, IEA, 2019 [47]

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. Електролізери використовують електрику для розщеплення води на кисень та водень. Ця технологія добре розроблена і комерційно доступна. Різні електролізери 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).

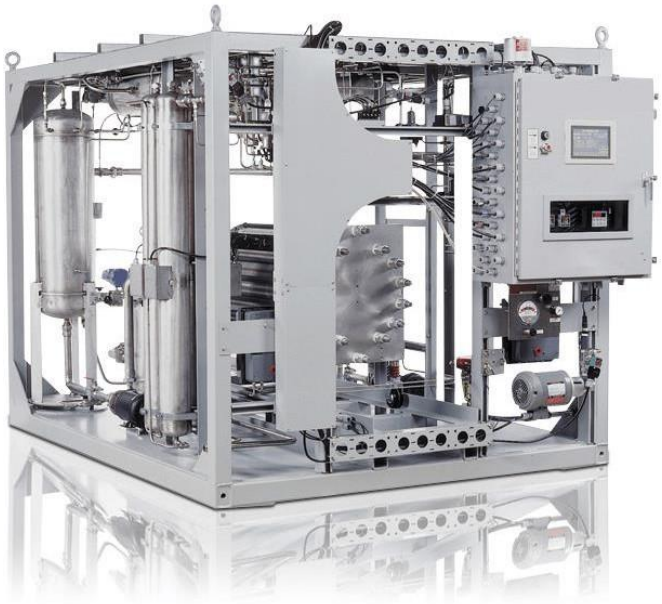

Рисунок 3 – Промисловий генератор водню [51]

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 фотоелектрохемічних 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 мікроводорості 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 CO_2 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 батарейках.

Результати цього дослідження дозволили припустити, що вартість водню становить від 17 до 27 ієн/м^3 (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 фукусімской 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

Середина 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.

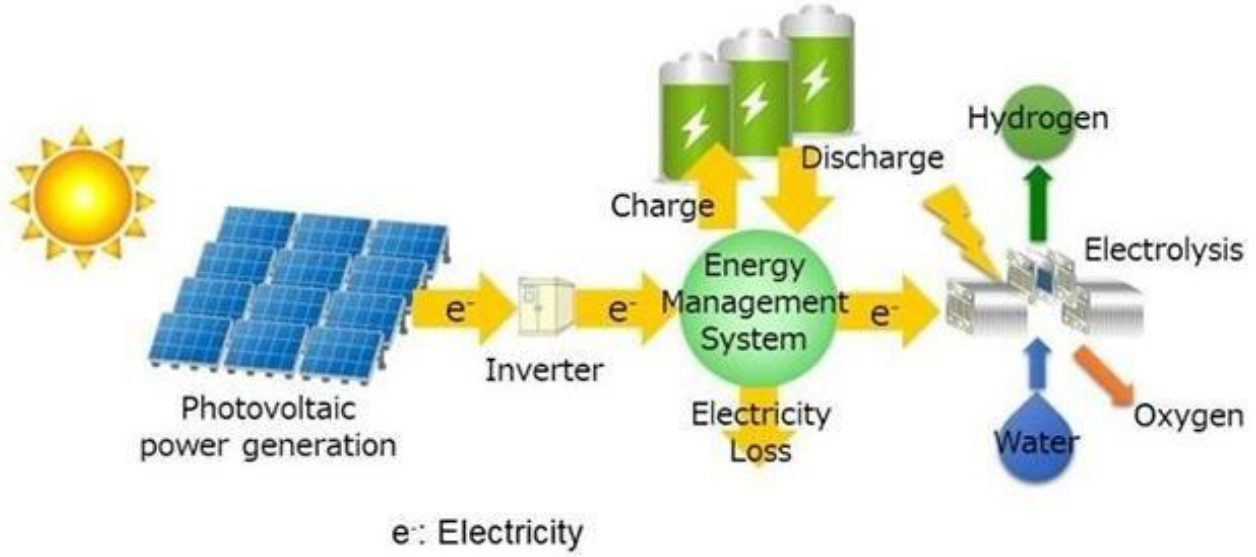

Рисунок 6 – Система здатна регулювати кількість заряду/розряду батареї та кількість вироблюваного електролізом водню залежно від кількості вироблюваної сонячної енергії

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 зростуть 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 (HHM) 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).

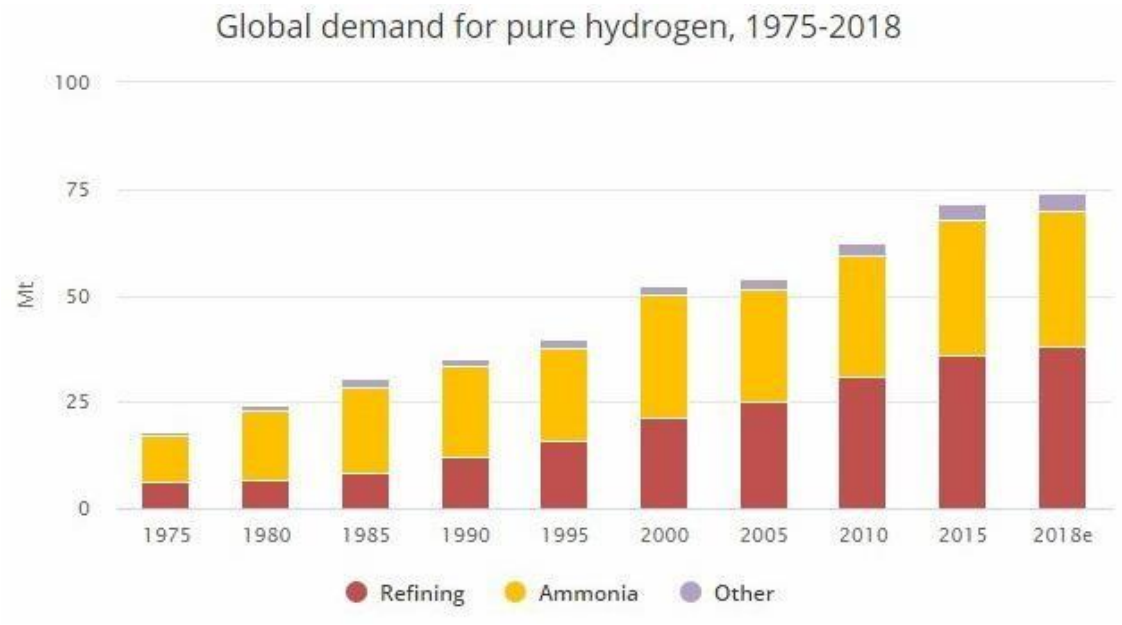

Рисунок 8 – Попит на водень [47]

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 проектів. 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).

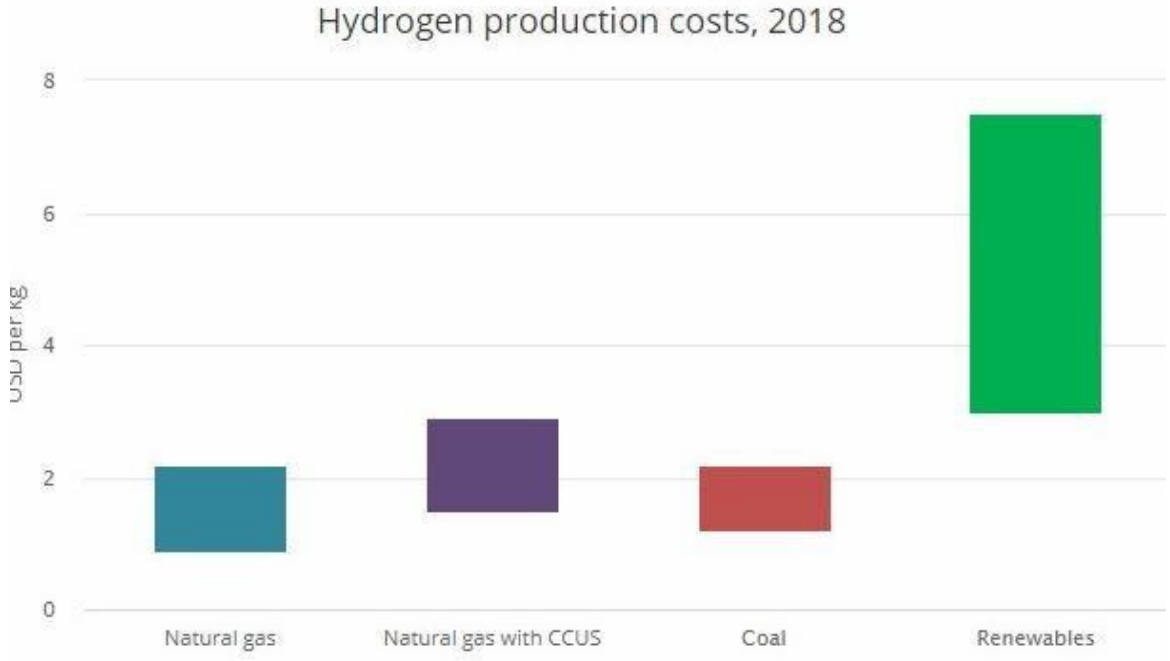

Рисунок 9 – Витрати на виробництво водню [47]

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).

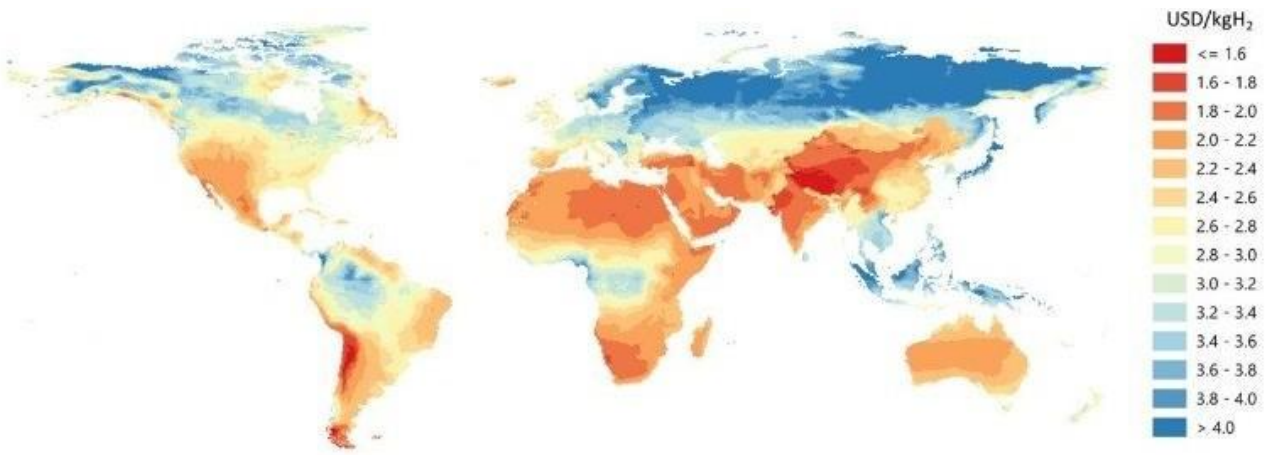

Рисунок 10 – Витрати на водень від гібридних сонячних фотоелектричних і наземних вітрових систем у довгостроковій перспективі [47]

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 сміттєвих матеріалів або осадів 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 LiquideAir 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 енергоносій 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 заправників.

У стратегічних планах Японії побудувати «водневе суспільство», в якому використання паливних елементів дозволило б живити 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 зєднань Cr–Mn аустенітних сталей // Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів Problems of corrosion and ckrrksion 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 ścierne 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., Eliasz 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 Szkola Obrobki Skrawaniem, Rzeszow-Lancut, 2016. – S. 447-452. Режим доступу: http://www.mechanik.media.pl/artykuly/oddzialywanie-wodoru-na-ksztaltowanie-i-odprowadzenie-wiorow-w-obrobce-skrawaniem-stali-wysokostopowych-z-uzyciem-ekologicznych-cieczy-smarujaco-chlodzacych.html.
5. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Eliasz, 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=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
9. Колесников В.А. Развитие новых компьютерных технологий в Германии // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля //Вид-во СНУ 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 ”. ¬ Краснодон, 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”. ¬ Краснодон, 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 СНУ 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 manganes steels // Materials Science (Springer). – 2009, vol. 45, N 4.- P.576 - 581.

15. Колесніков В.О., Калінін О. В., Манченко М. В. Вплив воденьвмисних 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 -хімична механіка матеріалів. – 2009, 45. – № 4. – С. 93 – 99.

18. Колесников В.А. Исследование триботехнических свойств высокоазотистых марганцевых сталей после наводораживания // 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 наводораживания и после, в условиях сухого трения // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля //Вид-во СНУ 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 С22С 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 СНУ ім. В. Даля). - Луганськ: вид-во СНУ 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. СНУ ім. В. Даля). - Луганськ: вид-во СНУ 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 СНУ 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 ресурососбережения материалов // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Луганськ: Видавництво СНУ.- 2011. – С. 81 – 87. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/337769096_Kolesnikov_VA_Balickij_AI_Povysenie_vodorodnoj_stojkosti_holodnodeformirovannyh_vysokoazotistyh_stalej_-_kak_rezerv_resurososberezenia_materialov_Resursozberigauci_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. Краснодон. – 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. Краснодон. – 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. Краснодон. – С. 108 - 111.

30. Балицький О.І., Колесніков В.О., Еліаш Я. Дослідження зносотривкості високоазотних сталей за умов сухого тертя ковзання // Фізико - хімчна 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. Краснодон. С. 32 - 38.

33. Study of the wear resistance of high-nitrogen steels under dry sliding friction // O. I. Balyts'kyi, V. O. Kolesnikov, and J. Eliasz // 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. Краснодон. 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. Краснодон. С. 366 - 368.

36. Матвеев Б.В., Колесников В.А. Инновации в автомоблестроении // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД". 19 квітня 2013 р., м. Краснодон. 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. Краснодон. 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. Краснодон. 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: КІНПАТРІ 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 доступу: https://biz.censor.net.ua/news/3182194/v_ukraine_postroyat_ustanovku_poproizvodstvu_vodoroda.

47. Водень та ВДЕ: світові практики застосування. Режим доступу: 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-tehnicheskih-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. Грирорьев 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 будує 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.

УДК 656

д.т.н., проф. Каіров О.М., Бабкін В.В.

ЩОДО ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ, ТЕНДЕНЦІЇ ЇХ ЗМІНИ І ПРОГНОЗУВАННЯ

Проведено аналіз зміни попиту на пасажирські перевезення та величини пасажирообігу в Україні за видами транспорту впродовж останніх десяти років. Визначено тенденцію сезонної зміни пасажирооберту автомобільного, залізничного, авіаційного і водного видів транспорту за останні три роки. Отримано прогнозовані значення величини пасажирообігу по місяцях на 2020 рік за видами транспорту

Вступ. Пасажирські перевезення є невід'ємною частиною єдиної транспортної системи України. Задоволення потреб в переміщенні пасажирів забезпечують залізничний, автомобільний, авіаційний і водний вид транспорту. На зміну попиту впливає ряд факторів. Збільшення чи зменшення пасажирських перевезень тим чи іншим видом транспорту впливає на стратегію розвитку підприємств інфраструктури, що забезпечують транспортне обслуговування населення України.

Метою роботи є визначення тенденції зміни обсягів перевезень пасажирів та пасажирообігу за видами транспорту впродовж останніх 10 років та прогнозування на 2020 рік.

Аналіз існуючих рішень. Питанням визначення тенденції зміни обсягів перевезень пасажирів та пасажирообігу, прогнозуванню цих показників на майбутній період, приділяється увага не лише з точки зору планування роботи транспорту, а також з погляду на розвиток інфраструктури, можливості надання додаткових супутніх послуг, якості життя населення і т.д.

В роботах [1] автор зазначив, що значення транспорту для будь-якої країни є найважливішою та найпотужнішою галуззю. За допомогою транспорту забезпечуються важливі економічні, соціально-політичні й культурні функції [2]. Розвиток транспортної системи України залежать не тільки від розвитку світової економіки, а також від здатності транспортної галузі України вчасно реорганізовувати роботу і адаптуватися під потреби населення, зміни в законодавчій базі, вимогах країн ЄС і т.д. Взагалі, пошук методів підвищення ефективності організації процесів транспортного обслуговування населення має за мету покращення якості перевезень пасажирів за рахунок впровадження найбільш ефективних, з точки зору пасажирів, заходів і таких, що водночас потребують мінімальних витрат [3].

Результати дослідження. Базуючись на статистичних даних [4] отримали графік зміни обсягів перевезення пасажирів за видами транспорту за останні десять років (рис. 1). На рисунку чітко видно, що перевезення пасажирів поділено між двома видами транспорту: автомобільним і залізничним. Доля авіаційних і морських перевезень дуже мала. Аналіз даних показав, що майже 90% обсягу перевезень припадає на автомобільний транспорт. Також, прослідковується тенденція зменшення загальних показників перевезень з 2015 року.

Тенденція зміни величини пасажирооберту представлено на рисунку 2. Виходячи з даних графіку помітно, що величини пасажирооберту автомобільного і залізничного транспорту, не дивлячись на значно різні обсяги перевезень, майже рівні і пояснюється це відстанями переміщення пасажирів. Стосовно інших видів транспорту, то в зміні величини пасажирооберту прослідковується чітка тенденція збільшення цього показника на авіаційному транспорті. Доля пасажирооберту кожного виду транспорту в загальному пасажирообігу України за останні 10 років представлено на рисунку 3.

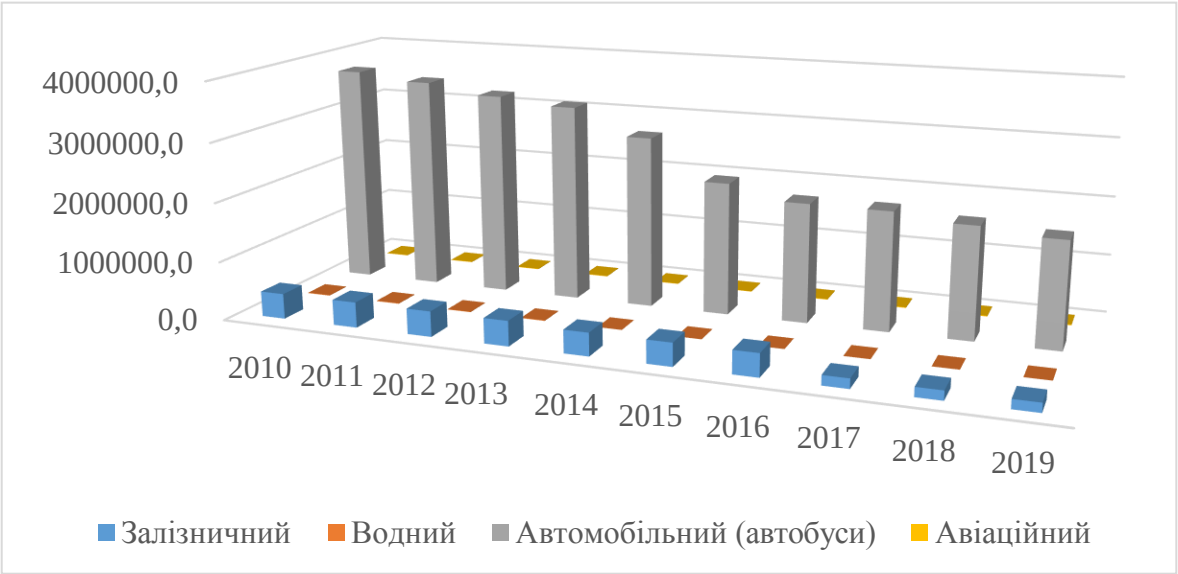

Рисунок 1 – Обсяги перевезень пасажирів по роках за видами транспорту, тис. пас.

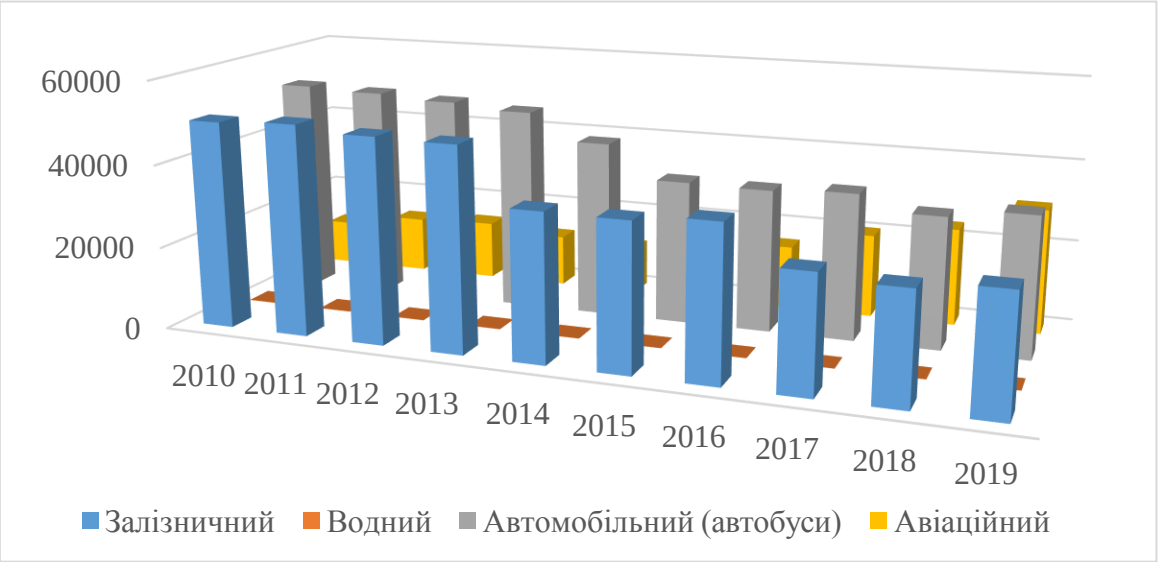

Рисунок 2 - Пасажирооберт по роках за видами транспорту, млн. пас. км

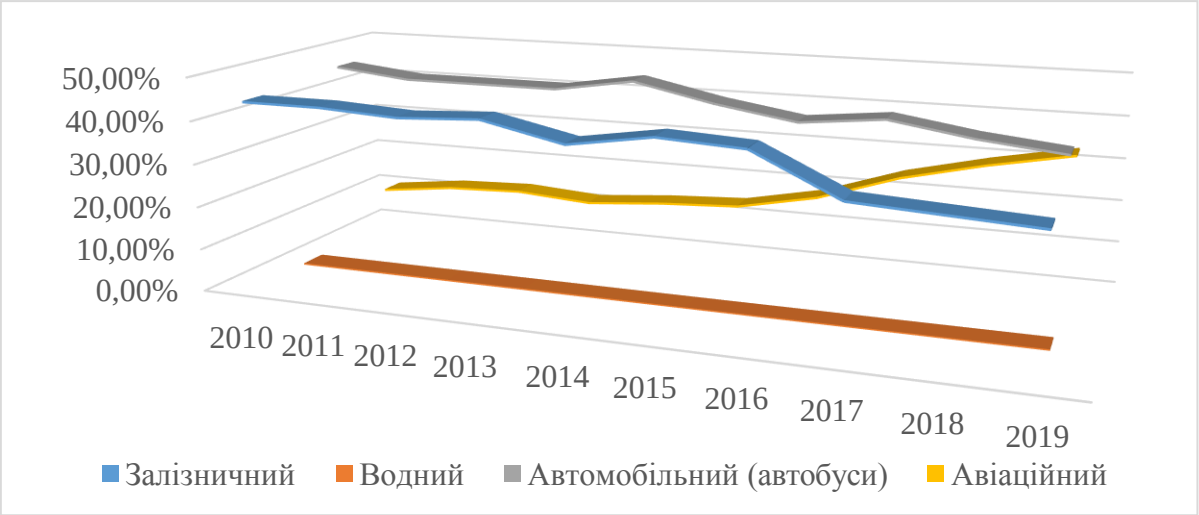

Рисунок 3 - Доля пасажирооберту за видами транспорту по роках

Опираючись на статистичні дані було визначено величину пасажирообігу за останні три роки по місяцях і на підставі цих розрахунків проведено прогнозування пасажирообігу на 2020 рік. Прогнозування проводилося в програмі Excel із врахуванням коефіцієнту сезонності. Результати розрахунків наведено на рис. 4-7.

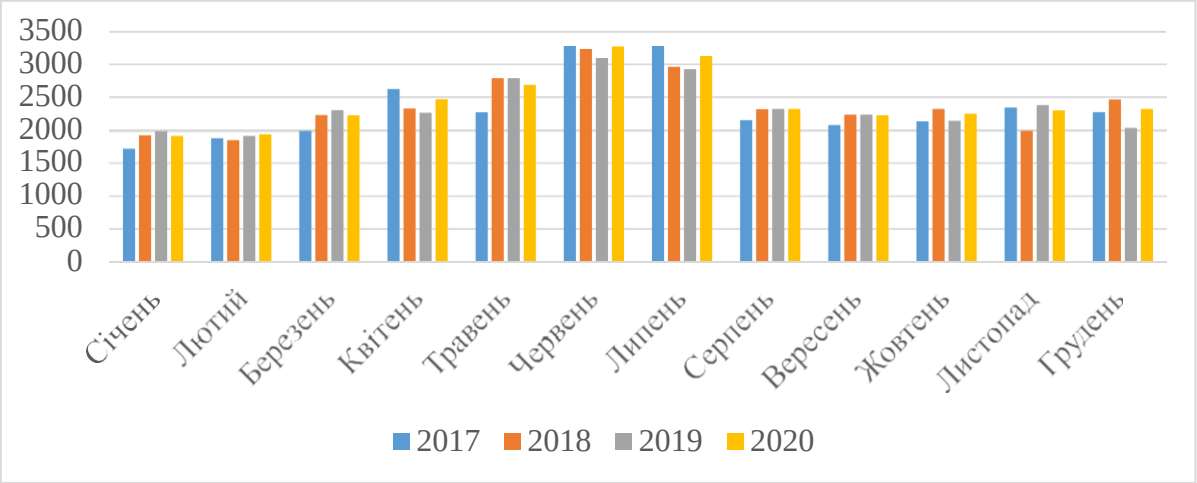

Рисунок 4 – Величина пасажирооберту на залізничному транспорті і прогнозування попиту на 2020 рік по місяцях, млн. пас.км

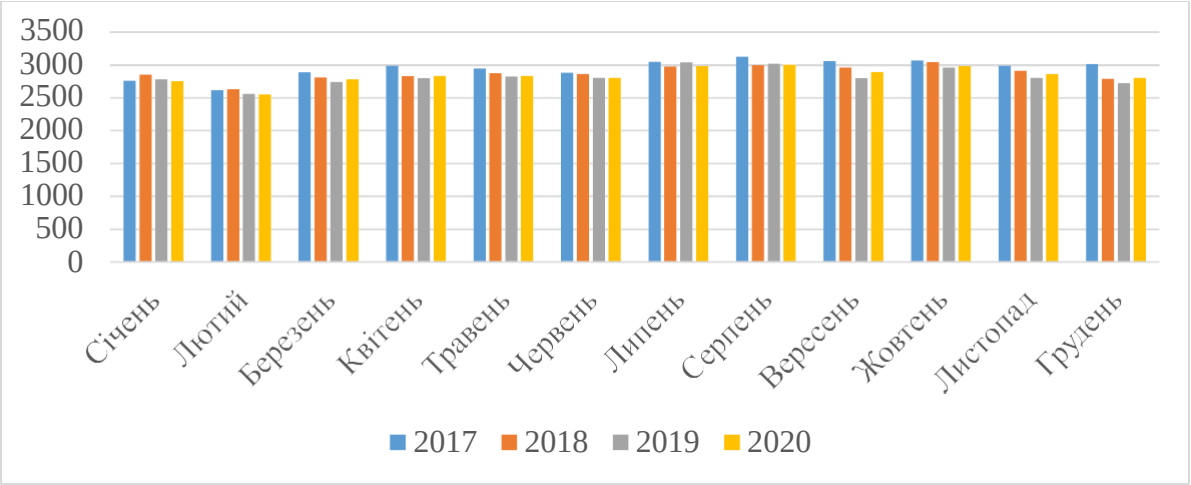

Рисунок 5 – Величина пасажирооберту на автомобільному транспорті і прогнозування попиту на 2020 рік по місяцях, млн. пас.км

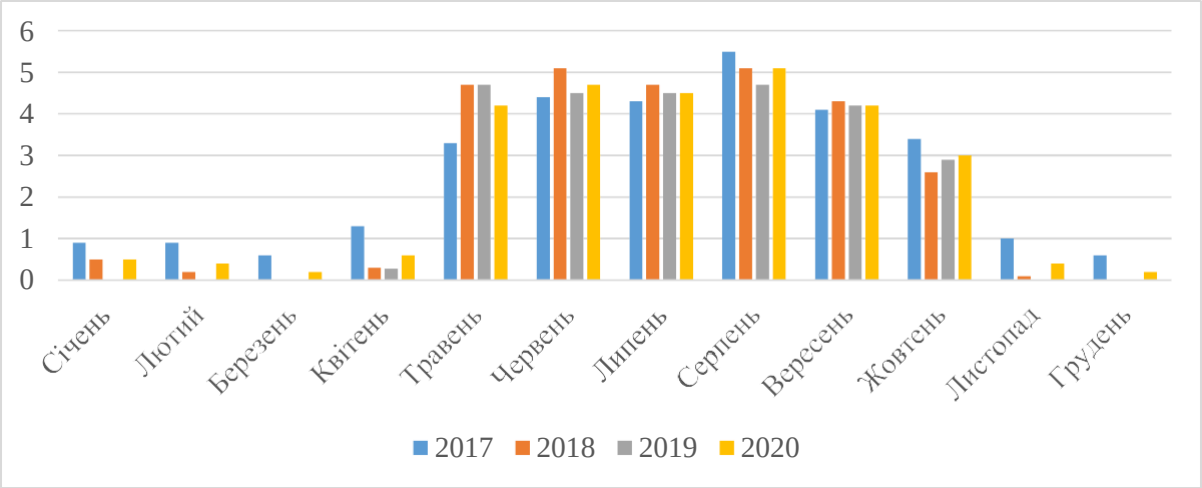

Рисунок 6 - Величина пасажирооберту на водному транспорті і прогнозування попиту на 2020 рік по місяцях, млн. пас.км

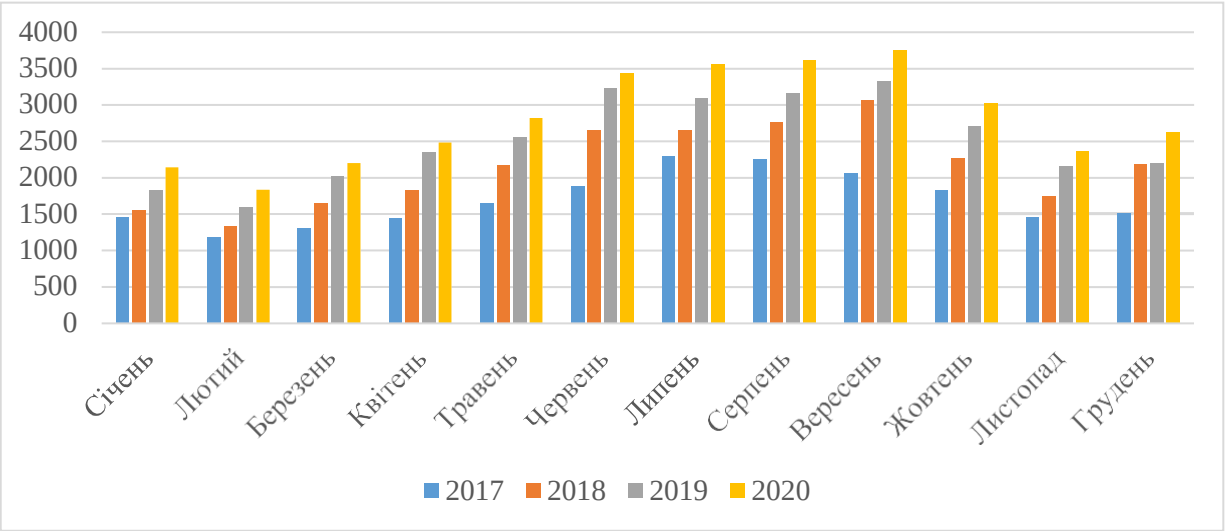

Рисунок 7 - Величина пасажирооберту на авіаційному транспорті і прогнозування попиту на 2020 рік по місяцях, млн. пас.км

Отримані прогнозовані дані щодо величини пасажирообігу за видами транспорту по місяцях дозволили визначити долю пасажирооберту, яка припаде на автомобільний, залізничний, авіаційний та водний види транспорту на 2020 рік. Величину можливого значення долі пасажирообігу за видами транспорту в відсотках представлено на рисунку 8.

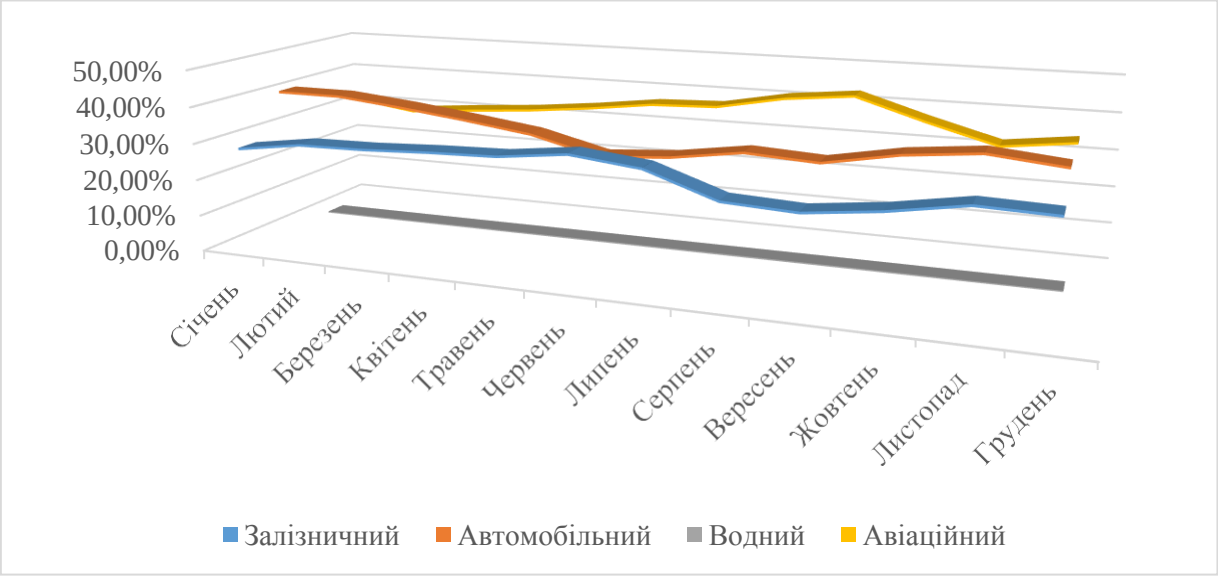

Рисунок 8 - Доля пасажирообігу на прогнозований період за видами транспорту по місяцях

Висновки. Аналіз статистичних даних щодо обсягів перевезень і величини пасажирообігу за видами транспорту впродовж останніх десяти років показав:

- 90% обсягу перевезень пасажирів припадає на автомобільний транспорт;
- пасажирооберт на автомобільному і залізничному транспорті має майже рівні значення;
- спостерігається тенденція стрімкого зменшення обсягів перевезень пасажирів усіма видами транспорту з 2015 року;
- долі пасажирооберту автомобільного і залізничного транспорту в період між 2010 до 2016 року становлять кожний 40 % від загального пасажирообігу усіх видів транспорту. З

2016 року цей показник зменшується. Натомість доля пасажирооберту авіаційних перевезень, навпаки, з 2010 року збільшується. З 2015 року пасажирообіг, що відповідає попиту на авіаційні перевезення, починає стрімко збільшуватися і в 2019 року перевищує величину пасажирообігу залізничного транспорту. Таким чином, у 2019 році долі пасажирооберту автомобільного, авіаційного і залізничного видів транспорту складають по третині від загального пасажирообігу;

- за останні три роки найрівномірніше, в залежності від сезону, змінювався пасажирообіг на автомобільному транспорті. Ця закономірність ще раз підтверджує великий постійний попит на цей вид транспорту. Найбільш коливальний характер залежності значення величини пасажирооберту від пори року має водний транспорт. Залізничний і авіаційний характеризуються збільшенням пасажирообігу в період літніх відпусток і початку осені;

- на прогнозований період середнє значення долі пасажирообігу складе: для автомобільного транспорту майже 43 %; на авіаційні перевезення припаде 41,4 %; пасажиропотік залізничного транспорту складе 36 %; на водному транспорті пасажирообіг приймає найменше значення – 0,03 %.

Таким чином, проведений аналіз дає можливість виявити тенденції зміни попиту на кожний із видів транспорту в минулих роках і отримати картину можливого прогнозованого пасажирооберту на 2020 рік. Визначити слабкі місця в транспортній системі України та розробити заходи щодо підвищення попиту на той чи інший вид транспорту.

Список літературних джерел

1. Сліпуха Т. І. Статистичний аналіз транспортної галузі в україні / електроний ресурс [file:///C:/Users/Admin/Downloads/nvnau_tech_2017_275_15.pdf]. НУБіП. – 2017. – С 144 – 151.

2. Бережна Н.Г. Особливості організації міжміських перевезень пасажирів / Н.Г. Бережна, О.Кислий // Матеріали II Міжн. науково-практичн. інтернет-конференції «Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ» (на честь 90 річчя ХНТУСГ) – Харків: ХНТУСГ, 2020. – С. 22-23.

3. Hickman, M. D. Transit service and path choice models in stochastic and time–dependent networks / M. D. Hickman, D. H. Bernstein // Transportation Science. – 1997. – Vol. 31, Issue 2. – P. 129–146. doi: 10.1287/trsc.31.2.129.

4. Економічна статистика / Економічна діяльність / Транспорт. – Назва з екрану. Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/tr.htm. Дата звернення 05.04.20.

УДК 629.113

д.т.н., проф. Каіров О.М., Герасімов А.В.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ВАРІАНТІВ РОЗПИЛЮВАЧІВ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПИЛЮВАННЯ ПАЛИВА

Розглянуто різні варіанти конструкції розпилювачів дизельних форсунок. Наведено їх переваги та недоліки, вплив на показники роботи дизеля

Вдосконалення процесів розпилювання палива і сумішеутворення є неодмінною умовою задоволення сучасних жорстких вимог до показників токсичності відпрацьовних газів дизелів і їх паливної економічності. Оскільки струмені палива, що розпилюється, формуються розпилювачами форсунок, конструктивне виконання проточної частини розпилювачів помітно впливає на геометричні розміри струменів палива, напрям і динаміку їх поширення, турбулізацію струменів. У ряді робіт [1-2] показано, що для інтенсифікації сумішеутворення потрібно забезпечити найбільшу турбулізацію палива в проточній частині розпилювача. Висока збуреність течії на виході з розпилюючого отвору викликає турбулізацію струменя палива і її швидкий розпад в камері згоряння дизеля. Тому в якості ефективного засобу поліпшення процесів розпилювання палива і сумішеутворення розглядається використання розпилювачів, що мають в проточній частині місцеві гідравлічні опори, які турбулізують течію палива в розпилювачі і на виході з розпилюючих отворів.

Значна турбулізація потоку палива в проточній частині розпилювача форсунки досягається за наявності додаткових гідравлічних опорів, виконаних безпосередньо в розпилюючих отворах. В якості таких турбулізаторів розглядаються підвищена шорсткість розпилюючих отворів, наявність гострих кромок на їх вході і виході, виконання гвинтових канавок в розпилюючих отворах. Усі ці заходи досить ефективні, оскільки вказані гідравлічні опори розташовані безпосередньо перед виходом потоку з розпилювача, і виникаюча турбулізація потоку зберігається і в струменях палива, що розпилюється. Але виконання таких турбулізаторів, як правило, трудомістко і незавжди технологічно просто зважаючи на малий діаметр розпилюючих отворів і їх великого числа i_p (у сучасних системах паливоподачі воно досягає i_p=20 і більше). Крім того, розпилюючі отвори схильні до закоксовування, що знижує ефективність цих турбулізаторів [4].

Відомі і інші підходи до організації підвищеної турбулентності потоку в проточних частинах розпилювачів форсунок. Деякі конструкції таких розпилювачів представлені на рис. 1 . Розпилювач на рис.1а призначений для дизелів, в яких форсунки встановлені в голівці циліндрів із зміщенням відносно центральної осі камери згорання. Це призводить до того, що різні розпилюючі отвори знаходяться на різній відстані від стінок камери згоряння в поршні. При цьому струмені палива, спрямовані на найменш віддалені стінки камери згоряння, стикаються із стінкою і утворюють на ній паливну плівку, що викликає неповне згорання палива, погіршення показників токсичності відпрацьованих газів і паливної економічності. Скорочення довжини струменів палива, що розпилюється, можна досягти шляхом зменшення довжини розпилюючих отворів форсунки. Тому для зменшення долі плівкового сумішеутворення доцільно сформувати струмені палива різної довжини: бажано мати довгі струмені в напрямі віддаленої від розпилюючого отвору форсунки стінки камери згоряння і короткі струмені в напрямі найменш віддаленої стінки.

Ряд конструкцій розпилювачів [2], що забезпечують підвищену турбулізацію потоку палива у своїй проточній частині, показані на рис.2. Варіантом конструктивного виконання розпилювача, представленого на рис. 1в, являється конструкція, показана на рис. 2а.

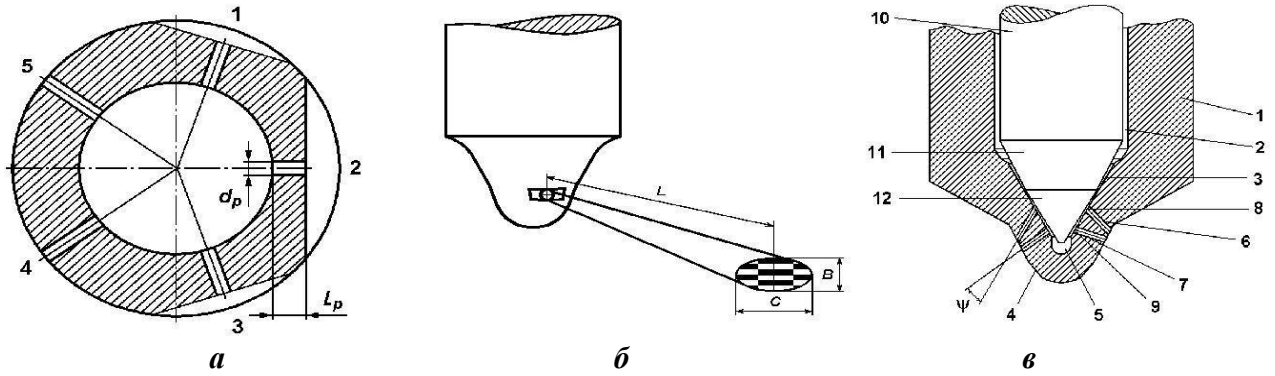

Рисунок 1 – Конструктивні варіанти розпилювачів, що забезпечують вдосконалення процесу розпилювання палива:
а - з розпилюючими отворами різної довжини; б - з канавками, виконаними на носці розпилювача; в - з розпилюючими отворами, що формують пересічні струмені

Цей розпилювач має суміжні розпилюючі отвори, виконані під кутом один відносно одного. Але на відміну від розпилювача на рис.2а вихідні кромки цих розпилюючих отворів утворюють загальну вихідну кромку для цієї пари розпилюючих отворів. При цьому вхідні кромки першого розпилюючого отвору кожної пари отворів розташовані на конічній замочній поверхні корпусу розпилювача, а вхідні кромки другого отвору - в підголковій порожнині (у колодязі розпилювача). Зіткнення і турбулізація потоків палива, що формуються суміжними розпилюючими отворами, відбувається в загальному вихідному перерізі цих розпилюючих каналів і при витіканні загального струменя палива.

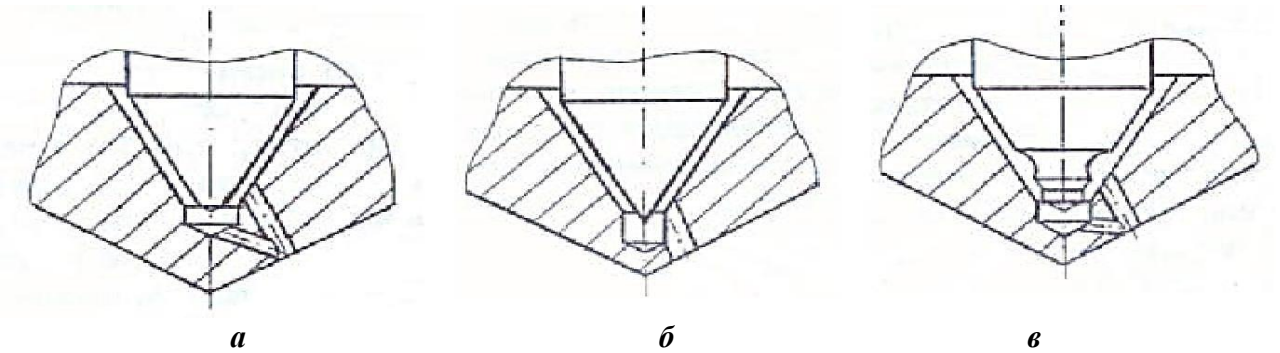

Рисунок 2 – Конструктивні варіанти розпилювачів, що забезпечують вдосконалення процесу розпилювання палива:
а - з пересічними розпилюючими отворами; б - з єдиним розпилюючим отвором з вхідною кромкою розташованою одночасно і на конічній замочній поверхні корпусу розпилювача, і в підголковій порожнині; в - з пересічними розпилюючими отворами і з профільованою проточкою, виконаною на голці розпилювача

Для оцінки впливу геометрії проточної частини розпилювачів дизельної форсунки на формування струменів палива та параметрів потоку вибрано два типи конструкцій розпилювачів, в яких додаткові гідравлічні опори виконані на хвостовику голки розпилювача форсунки. Для оцінки впливу таких гідравлічних опорів на показники процесів розпилювання палива і сумішеутворення, а також на показники токсичності відпрацьованих газів і паливної економічності дизеля типу ЯМЗ-236 спроектовано дослідний розпилювач на базі серійного розпилювача типу 236-1112110 виробництва «Ярославського заводу дизельної апаратури». Ці розпилювачі використовуються у форсунках дизелів типу ЯМЗ 236, ЯМЗ 238 виробництва «Ярославського моторного заводу» (ЯМЗ), встановлюваних на автомобілі МАЗ-5335, КамАЗ-5320, Урал-4320 та інші. Серійний розпилювач 236-1112110 виконаний з п'ятьма

розпилюючими отворами діаметром dр=0,32 мм, вхідні кромки яких розташовані в колодязі розпилювача діаметром dк=1,2 мм. Діаметр розпилюючих отворів рівний dр=0,32 мм (його довжина lр=0,90 мм), а сумарна ефективна площа розпилювача в зборі $S_{зб}$=0,278 мм2. Розташування розпилюючих отворів серійного розпилювача типу 236-1112110 наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розташування розпилюючих отворів розпилювача типу 236-1112110

№ отвору	Кутове розташування отвору відносно штифта, град	Кут нахилу отвору відносно осі розпилювача, град
1	8	62
2	90	71,5
3	172	62
4	237	52
5	303	52

Особливість дослідного розпилювача полягає в тому, що конусна частина хвостовика голки з кутом конуса 45° сточена на 0,1 мм (по діаметру) вище за діаметр d=3,2 мм з таким же кутом конуса (45°). В результаті вказаного добрацювання на хвостовику голки утворюється горизонтальний кільцевий уступ, який має зовнішній і внутрішній діаметри 3,2 і 3,1 мм, що є місцевим гідравлічним опором.

Процеси розпилювання палива і сумішеутворення зумовлюють показники токсичності ОГ дизеля і його економічність. Поліпшення якості процесів розпилювання палива і сумішеутворення можна забезпечити за рахунок вдосконалення конструкції розпилювачів форсунок і шляхом застосування водопаливних емульсій.

Список літературних джерел

1. Трелин А.А. Основные показатели технического состояния форсунок – давление начала впрыска, качество распыливания топлива, герметичность и пропускная способность / А.А. Трелин, К.В. Трелина // Труды ГОСНИТИ. –2007. Т. 99. – С. 61-63.

2. Файнлейб Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей / Б. Н Файнлейб. // Справочное издание. Ленинград 1990. —352с.

3. Кукис В. С. Стабилизация регулировочных параметров форсунок форсированных дизелей / В.С. Кукис, В.А. Романов // Тр. Международного Форума по проблемам науки, техники и образования. – Москва: Академия наук о земле, 2005. – С. 110-111.

4. Лаврик А. Н. Анализ факторов, влияющих на закоксовывание сопловых отверстий распылителей топливных форсунок дизелей / А. Н. Лаврик, А. С. Теребов, В.Е.Лазарев // Повышение эффективности силовых установок колесных и гусеничных машин. – Челябинск: ЧВАИ, 2001.– С. 31–37.

УДК 629.113

д.т.н., проф.. Каіров О.М., Писаренко О.І., Ткачук О.М.

ЗМІНА ХАРАКТЕРИСТИК ОЛИВИ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ТА МЕТОДИ ЇХ ПОЛІПШЕННЯ

Розглянуто схему зміни складу моторної оливи з напрацюванням, типи присадок до моторних олив

При зростанні напрацювання їх деталей, спряжень, систем та агрегатів безперервно відбувається зміна технічного стану, передусім пов'язана із процесами тертя та зношування. Через необоротний характер цих процесів знижується або втрачається працездатність автотранспортної техніки (АТТ) в результаті відмов і несправностей.

Глибокі і ґрунтовні дослідження в області тертя і зношування спряжень деталей систем і агрегатів АТТ викладені в роботах вітчизняних і зарубіжних вчених: Б.І. Костецького, І.В. Крагельського, М.К. Мишкіна, Д.М. Гаркунова, А.В. Чичинадзе, А.Г. Кузьменка, С.Г. Костогриза, О.В. Дихи, В.В. Ауліна І.А. Буяновського, Л.П. Клименка, Пітера Блау та ін. [1-4].

В двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ) основні спряження деталей розглядаються як тріада тертя, і їх робочим тілом або трибоелементом є олива з присадками, яка забезпечує не тільки зниження втрат на тертя, але й підвищення довговічності, економічності і автономності роботи двигуна в цілому[2].

Олива в процесі експлуатації змінює свої властивості, тому встановлення для неї ресурсу і розробка засобів контролю її фізико-хімічних характеристик і властивостей є важливою проблемою.

Моторну оливу рівноправно можна розглядати як елемент конструкції ДВЗ, працездатність яких характеризується як початковими властивостями, так і набутими станами в процесі експлуатації машини.

Свіжі моторні оливи мають стандартні фізико-хімічні показники, які не завжди можна використовувати для діагностики стану оливи. Пропонується оцінку придатності оливи здійснювати шляхом діагностики його стану по так званих граничних, або показникам вибракування, які вказують на втрату її експлуатаційних властивостей. Найважливіші з них: в'язкість, диспергуюча здатність, лужне і кислотне числа, водневий показник, вміст нерозчинних забруднень, – води, металів (продуктів зношування, активних елементів присадок до оливи або охолоджуючі рідини) і кремнію, температура спалаху. Іноді визначають і інші показники, наприклад залишковий вміст активних присадок в працюючій оливі, ступінь окиснення основи оливи, корозійну агресивність.

У трибоспряженнях деталей двигуна і його оливній системі йде не тільки безперервна зміна поверхонь тертя, але і відбувається зміна властивостей моторної оливи з присадками [1].

Тонка плівка оливи в основних спряженнях деталей ДВЗ піддається складному комплексу зовнішніх дій і усередині плівки відбуваються фізико-хімічні процеси, що і приводить до зміни властивостей олив з часом, тобто йде процес старіння оливи. Схема зміни складу моторної оливи при її роботі в двигуні наведена на рис. 1.

По мірі експлуатації в оливі накопичуються продукти окиснення, зносу, може потрапляти вода і паливо. Частина оливи згорає після випаровування у верхній частині гільзи циліндра і її кількість зменшується. Спрацьовуються і частково втрачають свої захисні властивості присадки. Утворення продуктів окиснення – смол, карбенів, асфальтенів, приводить до забруднення поверхонь тертя і їх підвищеному зносу.

Рисунок 1 – Схема зміни складу моторної оливи з напрацюванням

Щоб уникнути підвищеного зносу деталей трибоспряжень ДВЗ і аварійних ситуацій, необхідно або загальмувати (стабілізувати) шкідливі процеси, або змінити оливу в двигуні.

Основним призначенням оливи є утворення стійкої мастильної плівки для забезпечення мінімального тертя і запобігання зношування поверхонь тертя. Моторні оливи – це в основному продукти переробки нафти, леговані різними присадками для поліпшення експлуатаційних властивостей. При цьому присадки поділяються на наступні типи [3]:

– в'язкістні, покращують в'язкістно-температурні властивості оливи (полімерні з'єднання: поліізобутилен, поліметакрилат, поліалкилстироли та ін.);

– депресорні, знижують температуру застигання оливи (барієва сіль біс-алкилфенол-дисульфіду, поліметакрилат "Д" та ін.);

– антиокиснювальні і нейтралізуючі, зменшують утворення кислих і смолоподібних продуктів окиснення оливи, а також нейтралізуюча дія сірчистих з'єднань (діалкілфенілдитиофосфат цинку, кальцієва сіль ефіру дитиофосфорної кислоти та ін.);

– мийно-диспергуючі, перешкоджають утворенню різних відкладень на деталях ДВЗ і підтримують забруднюючі домішки в оливі в зваженому дрібнодисперсному стані (алкилфенолят барію, сульфонат барію алкилсукцинимид та ін.);

– захисні, запобігають корозії залізовмісних деталей (нітро-оксіалкілсукцинімід мочевини та ін.);

– антипінні, зменшують схильність оливи до піноутворення (полімерні кремнійорганічні з'єднання – силікони або полісилоксани та ін.);

– антикорозійні, захищають від корозійного зносу підшипники виконані з кольорових металів і сплавів (сульфонати магнію чи кальцію, барієва сіль бісалкілфенол-дисульфіду та ін.);

– протизносні, знижують величину зносу в парах тертя, що працюють при високих контактних тисках (діалкіл- і діарілді-тіофосфати цинку, осірчені олефіни, органічні сірки, фосфоровмісні з'єднання та ін.);

– протизадирні, призначені для забезпечення роботи поверхонь тертя без заїдання або для пом'якшення процесу заїдання. Як правило, не лише не знижують знос при помірних навантаженнях, але навіть внаслідок їх хімічної взаємодії з металом можуть знос підвищити, тому для нейтралізації цієї властивості необхідно поєднання з компонентом протизносу.

Здебільшого покращення експлуатаційних властивостей моторних олив відбувається при введенні в них присадок в процесі припрацювання та експлуатації дизелів АТТ. За допомогою присадок намагаються досягти таких функціональних властивостей поверхонь тертя, як протизношувальні, протизадиркові, антифрикційні, антикорозійні та інші.

Протизношувальні та протизадиркові присадки (табл. 2) створюють на поверхнях тертя адсорбційні, хемосорбційні плівки, а також композиційні плівки хімічних сполук присадок з металом.

Таблиця 2 – Протизношувальні та протизадиркові присадки

Вид присадки	Матеріал	Недоліки
Протизадиркові	Одночасно вміщують *S, Cl*	Ефективність мащення обмежена Т у зоні тертя (до 423К)
Протизношувальні	Полярні групи (*COOH, OH*) модифікування хімічними елементами *P, S, Cl*	Ефективність мащення обмежена температурою у зоні тертя (до 423К) і питомим тиском (7…8МПа)

Специфічні особливості експлуатації АТТ визначають комплекс методів модифікуючих дій. Окрім додавання різних хімічних препаратів до оливи відомі фізичні методи обробки різними полями, звуковими та ультразвуковими хвилями, опромінювання світлом різної довжини хвилі і т.д.

Мастильні властивості моторних олив покращуються додаванням функціональних присадок, які на поверхнях тертя формують міцні полімолекулярні шари, запобігаючи інтенсивному зношуванню в широкому діапазоні навантажень, швидкостей і температур в трибоспряження деталей, внаслідок конкурентної фізичної адсорбції молекул. Параметром, що визначає процес адсорбції на поверхнях тертя є концентрація молекул присадки і їх асоціативний стан. При дії силового поля поверхні деталі і обробці зовнішнім фізичним полем руйнуються надмолекулярні структури і в зоні тертя формується полімолекулярний шар.

Список літературних джерел

1. Аулін В.В. Системно-спрямований підхід до використання технологій триботехнічного відновлення для підвищення надійності мобільної сільськогосподарської техніки на етапах її життєвого циклу / В.В. Аулін, С.В. Лисенко // Матеріали X Міжнар. наук.-практичної конференції. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С.145-147.

2. Канарчук Е.А., Канарчук В.Е. Влияние режимов работы на износ автомобильного двигателя. Киев: Киевский торгово-экономический институт, 1970. 228 С.

3. Кузьменко А.Г., Диха О.В. Дослідження взаємодії змащених поверхонь тертя. Монографія. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 183 с.

4. Лашхи В.Л., Демьянов Л.А. Оценка приработочных свойств обкаточных масел // Трение и износ. – 1991. – т.12. – №1. – С. 118-123.