

**БОЙКО СЕРГІЙ**

Криворізький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9778-2202>e-mail: [bsn1987@i.ua](mailto:bsn1987@i.ua)**ЩОКІН ВАДИМ**

Криворізький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-9709-1831>**ВИШНЕВСЬКИЙ СВЯТОСЛАВ**

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-2159-603X>[svyato.vish.ua@gmail.com](mailto:svyato.vish.ua@gmail.com)**ДАНИЛІН ОЛЕКСАНДР**

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

<http://orcid.org/0000-0003-3207-1156>e-mail: [avdan@ukr.net](mailto:avdan@ukr.net)**ГУСАРОВА ОКСАНА**

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ

<https://orcid.org/0000-0002-9823-0044>e-mail: [o\\_v\\_gusarova@ukr.net](mailto:o_v_gusarova@ukr.net)**ГРИБАНОВА СВІТЛАНА**

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ

<https://orcid.org/0000-0001-5831-2363>

## АСПЕКТИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Вагомий вплив промислових підприємств провокує різкі кліматичні зміни, які особливо відчутні локально. Такі навантаження на екологію довкілля, спричинені діяльністю промислових підприємств, ставлять під загрозу безпечне існування окремих біологічних індивідів та сталий розвиток суспільного господарства в майбутньому. Однією з вагомих причин таких змін є збільшення викидів парникових газів, шкідливих газів та пилу. Між тим, ряд питань, які стосуються проблеми зменшення екологічного навантаження на довкілля шляхом декарбонізації електроенергетики України, залишаються невирішеними. На даному етапі впровадження, концепція Smart Grid розглядається з точки зору електричних мереж, хоча в майбутньому це буде об'єднання електричної, паливної і теплової мереж. Міжнародне енергетичне агентство розглядає водень як сполучна ланка між цими мережами. Аналіз можливості та особливостей впровадження концепції декарбонізації систем електропостачання промислових підприємств в аспекті сталого розвитку показав актуальність впровадження джерел розосередженої генерації з використання буферних накопичувачів електричної енергії з метою стабілізації рівня генерованої електричної енергії. Запропоновано використовувати твердополімерні електролізери як буферні накопичувачі генерованої електричної енергії джерелами розосередженої генерації на базі відновлювальних джерел.*

*Ключові слова:* розосереджена генерація, електропостачання, промислові підприємства, декарбонізація, воднева енергетика.

BOIKO SERGEY, SHCHOKIN VADYM

Kryvyi Rih National University

VISHNEVSKYI SVIATOSLAV

Vinnytsia National Technical University

DANILIN OLEKSANDR

National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

HUSAROVA OKSANA, HRYBANOVA SVITLANA

Kremenchug Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs

## ASPECTS OF DECARBONIZATION OF THE ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

*The significant influence of industrial enterprises provokes sharp climatic changes, which are especially felt locally. Such loads on the ecology of the environment, caused by the activities of industrial enterprises, endanger the safe existence of individual biological individuals and the sustainable development of the social economy in the future. One of the important reasons for such changes is the increase in emissions of greenhouse gases, harmful gases and dust. Meanwhile, a number of issues related to the problem of reducing the ecological burden on the environment through decarbonization of Ukraine's electricity industry remain unresolved. At this stage of implementation, the Smart Grid concept is considered from the point of view of electrical networks, although in the future it will be a combination of electrical, fuel and heat networks. The International Energy Agency sees hydrogen as a link between these networks. The analysis of the possibility and features of the implementation of the concept of decarbonization of power supply systems of industrial enterprises in the aspect of sustainable development showed the relevance of the implementation of distributed generation sources using buffer storage of electric energy in order to stabilize the level of generated electric energy. It is proposed to use solid polymer electrolyzers as buffer accumulators of electric energy generated by sources of distributed generation based on renewable sources.*

*Keywords:* distributed generation, power supply, industrial enterprises, decarbonization, hydrogen energy.

## **Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

Вагомий вплив промислових підприємств провокує різкі кліматичні зміни, які особливо відчутні локально. Такі навантаження на екологію довкілля, спричинені діяльністю промислових підприємств, ставлять під загрозу безпечне існування окремих біологічних видів та сталий розвиток суспільного господарства в майбутньому. До таких змін спонукає збільшення викидів парникових газів, шкідливих газів та пилу [1].

Між тим, ряд питань, які стосуються проблеми зменшення екологічного навантаження на довкілля шляхом декарбонізації електроенергетики України, залишаються невирішеними.

Слід зазначити, що Україна взяла на себе перед громадськістю та перед світовою спільнотою високі зобов'язання зі значного зниження викидів парникових газів, маючи технологічно неготовий паливно-енергетичний комплекс до таких кардинальних перетворень. А у зв'язку з занепадом промислового сектору ці зобов'язання породжують питання щодо подальшої декарбонізації національного господарства в аспекті сталого розвитку країни.

Слід зауважити той факт, що Україна розташована в геокліматичній зоні, яка має значний потенціал відновлюваних енергетичних ресурсів, в першу чергу вітро- і геліоенергетичних джерел енергії. Однак, розширення масштабів їх використання вимагає вирішення питань, пов'язаних з безперервним забезпеченням енергопостачання споживачів. Вирішення цієї проблеми може бути знайдено шляхом використання електрохімічної технології отримання водню і кисню при використанні енергії сонця та вітру як первинних джерел [2].

## **Аналіз досліджень та публікацій**

Аналіз публікацій за останні роки показує, що в список найбільш цитованих публікацій входять оглядові статті з розвитку технологій твердополімерним електролізу води, пілотним проектам технології P2G і виробництва водню за рахунок «зеленої генерації», створення паливних елементів різних типів, в тому числі пошуку дешевих каталізаторів для твердополімерних паливних елементів [3].

Як відзначають дослідники [4] на даному етапі впровадження, концепція Smart Grid розглядається з точки зору електричних мереж, хоча в майбутньому це буде об'єднання електричної, паливної і теплової мереж. Міжнародне енергетичне агентство розглядає водень як сполучна ланка між цими мережами [5-8].

Огляд сучасного стану та найближчих перспектив розвитку водневих енергетичних технологій показує, що в даний час світова енергетика переживає період важливих структурних змін, пов'язаних зі збільшенням частки відновлювальних джерел електричної енергії і розподіленої генерації в загальному енергетичному балансі. Підвищення стійкості мережі, створення схемних рішень щодо адаптації сонячних і вітрових електростанцій до вимог мережі, забезпечення доступності електростанцій. Між тим, ряд зарубіжних і вітчизняних публікацій вказують на те, що залишається до кінця не вирішеним питання забезпечення якості електропостачання при широкому впровадженні відновлювальних джерел електричної енергії, що може бути вирішено розвитком систем ефективного зберігання генерованої електричної енергії [9-12].

## **Формулювання цілей статті**

Метою цієї роботи є аналіз можливості та особливостей впровадження концепції декарбонізації систем електропостачання промислових підприємств в аспекті сталого розвитку.

## **Виклад основного матеріалу**

На сьогоднішній день у світовій спільноті енергоозброєність вважається одним з основних показників, які визначають рівень соціально-економічного розвитку суспільства, оскільки від забезпеченості енергією залежать і обсяги виробництва, і його технічний рівень, а також рівень життя населення. Між тим існує світова тенденція щодо зростання високими темпами споживання енергії [6].

Такий стан справ спонукає до кардинальної зміни енергетичної політики з метою скорочення споживання традиційних енергоносіїв. Такий підхід зумовлює необхідність розробки ефективних методів енергозбереження та втілення більш досконалих технологій використання енергетичних ресурсів, пошуку нових джерел енергії та подальше отримання на їх основі ефективних енергоносіїв, насамперед, зручного для споживання штучного палива, що має високу екологічну сумісність із навколишнім середовищем.

Слід зауважити, що дефіцит природних органічних палив у поєднанні із посиленням глобальних екологічних проблем зумовили підвищення інтересу до використання водню як універсального синтетичного енергоносія у стаціонарних і мобільних установках. Між тим, саме завдяки необмеженим енергоресурсам для його отримання, високій енергонасиченості, технологічній гнучкості й екологічній чистоті процесів перетворення енергії за його участю, водень розглядається як найбільш перспективний енергоносіє, що сприятиме вирішенню вищевказаних проблем найближчим часом [7].

Слід зазначити якісні зміни що відбулися за останній час та стали поштовхом для розвитку водневої енергетики. Таким чином, акцент у цьому питанні змістився з технологічних і енергетичних аспектів на екологічні й економічні складові проблеми створення міжгалузевої інфраструктури, що забезпечує широкомасштабне використання водню. Ці процеси, на сьогоднішній день, притаманні і Україні, де роботи з

водневої енергетики віднесено до рангу пріоритетних цільових комплексних програм наукових досліджень, які охоплюють широке коло питань, вирішення яких у комплексі забезпечує перехід на якісно новий рівень технологій виробництва, розподілу і споживання водню в енергетиці, промисловості та інших сферах економіки.

Сучасні аспекти зберігання електричної енергії за допомогою водню розглядається як частина наступних концепцій:

- Power-to-Power із зберіганням водню як в газоподібному стані, в тому числі в підземних газосховищах, так і в зв'язаному стані, в тому числі в гидридах металів;
- Power-to-Gas, що включає додавання водню в існуючу інфраструктуру для природного газу, а також створення синтетичного метану з водню.

На сьогоднішній день концепція Power-to-Gas розглядається як найпростіший і швидкий спосіб створення глобального ринку водню. Найдешевшим способом транспортування водню є транспортування по трубопроводу в суміші з природним газом, що зменшить значні обсяги капітальних витрат.

Перевагами цього рішення є відносна дешевизна технології, використанні існуючої інфраструктури природного газу, при цьому безпеку транспортування водню знаходиться на тому ж рівні, що і природного газу.

У той же час, такий підхід не позбавлений ряду недоліків, з посеред інших, в першу чергу слід вказати на необхідність поділу газів, що призводить до витрат 20 ... 30% водню на поділ (+ 25..50% до вартості), необхідність додаткового очищення на фоні існуючих обмежень на теплотворну здатність газу.

Між тим, на сьогоднішній день на теренах провідних країн світу та Європейського союзу йде робота по створенню пілотних проектів в рамках цієї концепції.

Зважаючи на високий коефіцієнт корисної дії енергоустановок на базі паливних елементів, вони розглядаються в якості перспективних джерел енергії в кіловатному класі потужності. Такі енергоустановки потребують використання чистого водню вище 99.9%. Комплекс електролізер - паливний елемент характеризується потужним коефіцієнтом рекуперації електроенергії, який може становити більше 40%, що цілком прийнятно для енергоустановок на основі відновлюваних джерел електричної енергії. При розробці таких систем акумулювання електроенергії основними невідіршеними питаннями залишаються аспекти пов'язані зі створенням енергоефективних систем очищення і зберігання водню, інтегрованих з паливними елементами [8].

Між тим, слід зауважити, що серед розроблюваних нових технологій і пристроїв очищення і зберігання водню для автономної енергетики економічно прийнятними і безпечними можуть стати пристрої та системи, засновані на використанні оборотних металогідридів - інтерметалічних сполук, здатних вибірково і оборотно поглинати водень. При цьому основна маса водню в системі знаходиться в зв'язаному твердофазному стані, що забезпечує підвищену безпеку при експлуатації. Вибірковість поглинання водню, можливість гнучко контролювати термодинамічні властивості інтерметалічних сплавів за допомогою варіації їх складу дозволяє використовувати їх не тільки для зберігання, але і для високоефективної очистки водню, створення термохімічних теплових насосів і водневих компресорів [9].

Таким чином, підвищення ефективності роботи водневих систем акумулювання енергії пов'язано зі зниженням енергетичних витрат при отриманні, очищенні та зберіганні водню. Сучасні системи зрідження водню вимагають витрат до 30-40% загальної хімічної енергії зберігається водню (по нижчій теплоті згорання), і системи компримування водню до 350- 750 бар вимагають до 20%, при цьому експлуатація таких систем в енергоустановках автономної і розподіленої енергетики ускладнена. До основних перепон можна віднести високі витрати на криогенне устаткування або трубопровідну арматуру високого тиску, забезпечення безпеки витрат на навчання і підготовку обслуговуючого персоналу.

Між тим, на сьогоднішній день світова потужність систем акумулювання енергії оцінюється в 3% від загальної генерації електроенергії, причому на 95% ці потужності забезпечуються за рахунок єдиної технології гідроакumuлюючих станцій, що залишає актуальним на сьогодні питання буферних систем акумулювання електричної енергії в умовах впровадження джерел розосередженої генерації електричної енергії [8].

Слід зазначити, що авторами пропонуються до подальшої практичної реалізації в умовах промислових підприємств енерготехнологічні комплекси. При побудові систем з розосередженою генерацією вони повинні мати у своєму складі первинні приймачі енергії на базі відновлюваних джерел електричної енергії, дистилятора з геліоколектором, електролізер, системи зберігання стиснених газів, паливного елемента. Також такі енерготехнологічні комплекси мають у своєму складі систему управління і відповідні вимірювальні датчики для збору й обробки даних щодо параметрів технологічних процесів, що реалізуються під час функціонування комплексу.

В основу енерготехнологічного комплексу покладено здатність споживання і переробки поновлюваної енергії. Нерегулярний потік первинної енергії, одержуваної від відновлюваних джерел електричної енергії, використовується в електролізері. Важливою характеристикою електролізера високого тиску є те, що в якості електроживлення може бути використана некондиційна електрична енергія. Очевидно, що такий підхід є найкращим для створення автономних електростанцій невеликої та середньої потужності. Розроблений енерготехнологічного комплексу може розглядатися як автономна станція

отримання водню. У той же час отриманий водень може використовуватися для підтримання інших технологічних процесів чи пікових генерацій електричної енергії.

Дистилятор для опріснення технічної води і води з високим вмістом солі та інших домішок з підземних джерел та ґрунтових вод є одним із споживачів енергії та складовим елементом енерготехнологічного комплексу. Дистилюючий модуль застосовується як складовий елемент енерготехнологічного комплексу, а також як окремий об'єкт із можливим енергопостачанням від традиційних джерел енергії. Під час теплової перегонки відбувається повна демінералізація і стерилізація води. Отримана таким чином вода може бути використана для технічного водопостачання, дистильована вода частково подається в електролізер [8].

На підставі викладеної інформації можна зазначити, що буферна воднева система, яка складається з електролізера і системи зберігання водню, органічно вписується в енерготехнологічну схему системи розосередженої генерації на базі відновлюваних джерел електричної енергії, забезпечуючи вирішення проблеми подачі енергії споживачеві у період відсутності генерації електричної енергії. Перспективними вважаються енерготехнологічні схеми автономних водневих станцій на базі використання відновлюваних джерел енергії [8].

Водневе акумулювання енергії у вигляді ланцюжка, що зв'язує первинний джерело енергії, виробництво водню, систему зберігання водню і водневу енергоустановку дозволяє здійснювати довгострокове акумулювання енергії без втрат, доповнюючи в мегаватного класу потужності гідроакумулюючі системи і конкуруючи в області малих потужностей з акумуляторними системами [9].

Потенційна перевага електролізу полягає в тому, що його досить легко організувати в умовах маломасштабного виробництва, наблизивши його до споживачів. Це дозволяє відмовитися від споруди дорогих систем розподілу водню. Електролізери забезпечують виробництво особливо чистого водню. До недоліків електролізу відносяться низька сумарна енергетична ефективність процесу і відносно високі капітальні витрати. В даний час застосовується і розробляються нові типи електролізерів, що дозволяють збільшити ефективність і комерційну привабливість процесу електролізу (твердополімерним електролізери, високотемпературні і інші) [7].

Найбільш широко використовувана технологія електролізу заснована на застосуванні лужних електролітів. Вдосконалені лужні електролізери можуть бути використані для великомасштабного виробництва водню з відносно високою сумарною ефективністю перетворення первинної енергії, рівній 28-36% з урахуванням коефіцієнту корисної дії електростанції на рівні 35-40% [7].

Тим часом, перспективи електролізу пов'язані із застосуванням твердо-полімерних електролізерів з платиновими каталізаторами, які забезпечують більш високий вихід водню. Останнім часом ведуться розробки електролізерів з твердо-полімерних електролізерів, що не містять дорогі металів, хоча, незважаючи на деякі успіхи в рішенні цієї задачі для спеціальних електролізерів з малим ресурсом роботи, прийнятного рішення для промислових електролізерів поки не знайдено. Твердо-полімерних електролізери характеризуються значно більшими питомими капітальними витратами, ніж лужні, але ці витрати зменшуються при переході до великих обсягів виробництва [7].

Як джерело електроенергії для електролізу доцільно розглядати енергопостачання від вироблення електроенергії на місці на базі поновлюваних джерел енергії (рис.).

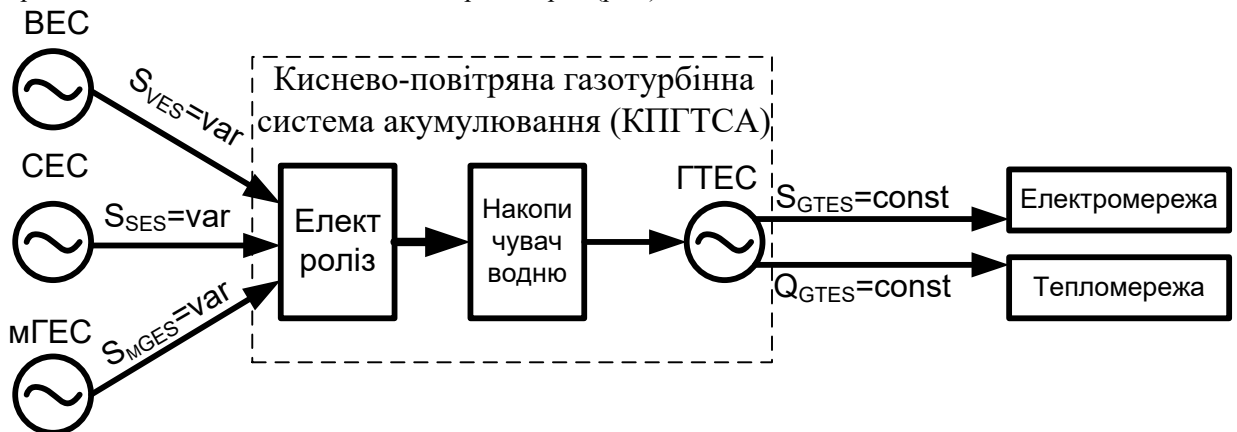


Рис. 1. Схема застосування твердополімерного електролізера у схемі киснево-повітряної газотурбінної системи акумулювання (КПГТСА) як буферного накопичувача електричної енергії

У даному випадку реалізації, при використанні енергії вітру мають місце ті ж витратні характеристики, що й при отриманні водню на базі сонячної енергії. Обидві технології застосовні для продуктивності за воднем.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Аналіз можливості та особливостей впровадження концепції декарбонізації систем електропостачання промислових підприємств в аспекті сталого розвитку показав актуальність впровадження

джерел розосередженої генерації з використання буферних накопичувачів електричної енергії з метою стабілізації рівня генерованої електричної енергії.

Запропоновано використовувати твердополімерні електролізери як буферні накопичувачі генерованої електричної енергії джерелами розосередженої генерації на базі відновлювальних джерел.

### Література

1. World Energy Outlook –2021, OECD/IEA, Paris.
2. Smart Power Grids – Talking about a Revolution // IEEE Emerging Technology portal, 2009.
3. Енергетичні ресурси та потоки / під заг. ред. А.К. Шидловського. – Київ: Українські енциклопедичні знання, 2003. – 472 с.
4. НЕК «Укренерго»: Офіційний сайт [Електронний ресурс]: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>.
5. Sinchuk, O.M. Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprises' electricity supply systems. Multi-authored monograph / O.M. Sinchuk, S.M. Boiko, I.O. Sinchuk, F.I. Karamanyts, I.A. Kozakevych, M.L. Baranovska, O.M. Yalova; Edited by DSc., Prof. O.M. Sinchuk. – Warsaw: iScience Sp. z o. o. – 2018. – 77 p.
6. Бойко С.М. Теоретичні засади формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації в умовах гірничорудних підприємств. / С. М. Бойко // Монографія, під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. – Кременчук, 2020. – 263с.
7. Русанов А.В., Соловей В.В., Зіпунніков М.М., Шевченко А.А. Термогазодинаміка фізико-енергетичних процесів в альтернативних технологіях в 3-х т.: т. 1. Термогазодинаміка фізико-енергетичних процесів в водневих технологіях / під загальною редакцією чл.-кор. НАНУ А.В. Русанова; НАН України, Інститут проблем машинобудування. – Харків: Видавництво та друкарня «Технологічний Центр», 2018. – 336 с.
8. Malyshenko S.P., Borzenko V.I., Dunikov D.O., Nazarova O.V. Metal hydride technologies of hydrogen energy storage for independent power supply systems constructed on the basis of renewable sources of energy // Thermal Engineering (English translation of Teploenergetika). 2012. T. 59. № 6. — С. 468-478.
9. Emonts B., Schiebahn S., Görner K., Lindenberger D., Markewitz P., Merten F., Stolten D. Reenergizing energy supply: Electrolytically-produced hydrogen as a flexible energy storage medium and fuel for road transport // Journal of Power Sources. 2017. T. 342. — С. 320-326.
10. Felgenhauer M., Hamacher T. State-of-the-art of commercial electrolyzers and on-site hydrogen generation for logistic vehicles in South Carolina // International Journal of Hydrogen Energy. 2015. T. 40. № 5. — С. 2084-2090.
11. Solovey V. Autonomous energy technological complex with hydrogen as the secondary energy carrier / V. Solovey, M. Muminov, A. Basteev // International Scientific Journal «Alternative Energy and Ecology». – 2004. – № 1(9). – Р. 60-64.
12. Соловей В.В. Термодинамічні та теплофізичні основи перетворювання енергії в металогідридних установках / В.В. Соловей, Н.А. Чорна // Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях, за ред. В.В. Скорохода, Ю.М. Солоніна. – Київ: «КІМ», 2015. – С. 273-278.

### References

1. World Energy Outlook –2021, OECD/IEA, Paris.
2. Smart Power Grids – Talking about a Revolution // IEEE Emerging Technology portal, 2009.
3. Enerhetichni resursy ta potoky / pid zah. red. A.K. Shydlovskoho. – Kyiv: Ukrainski entsyklopedichni znannia, 2003. – 472 s.
4. NEK «Ukrenerho»: Ofitsiyni sait [Elektronnyi resurs]: <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>.
5. Sinchuk, O.M. Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprises electricity supply systems. Multi-authored monograph / O.M. Sinchuk, S.M. Boiko, I.O. Sinchuk, F.I. Karamanyts, I.A. Kozakevych, M.L. Baranovska, O.M. Yalova; Edited by DSc., Prof. O.M. Sinchuk. – Warsaw: iScience Sp. z o. o. – 2018. – 77 p.
6. Boiko S.M. Teoretychni zasady formuvannya elektroenerhetichnykh system z dzherelamy rozoseredzhenoi heneratsii v umovakh hirnchorudnykh pidpriemstv. / S. M. Boiko // Monohrafiia, pid redaktsiieiu doktora tekhn. nauk, profesora O.M. Sinchuka. – Kremenchuk, 2020. – 263s.
7. Rusanov A.V., Solovei V.V., Zipunnikov M.M., Shevchenko A.A. Termohazodynamika fizyko-enerhetichnykh protsesiv v alternatyvnykh tekhnolohiiakh v 3-kh t.: t. 1. Termohazodynamika fizyko-enerhetichnykh protsesiv v vodnevnykh tekhnolohiiakh / pid zahalnoiu redaktsiieiu chl.-kor. NANU A.V. Rusanova; NAN Ukrainy, Instytut problem mashynobuduvannia. – Kharkiv: Vydavnytstvo ta drukarnia «Tekhnolohichnyi Tsentr», 2018. – 336 s.
8. Malyshenko S.P., Borzenko V.I., Dunikov D.O., Nazarova O.V. Metal hydride technologies of hydrogen energy storage for independent power supply systems constructed on the basis of renewable sources of energy // Thermal Engineering (English translation of Teploenergetika). 2012. T. 59. № 6. — С. 468-478.
9. Emonts B., Schiebahn S., Görner K., Lindenberger D., Markewitz P., Merten F., Stolten D. Reenergizing energy supply: Electrolytically-produced hydrogen as a flexible energy storage medium and fuel for road transport // Journal of Power Sources. 2017. T. 342. — С. 320-326.
10. Felgenhauer M., Hamacher T. State-of-the-art of commercial electrolyzers and on-site hydrogen generation for logistic vehicles in South Carolina // International Journal of Hydrogen Energy. 2015. T. 40. № 5. — С. 2084-2090.
11. Solovey V. Autonomous energy technological complex with hydrogen as the secondary energy carrier / V. Solovey, M. Muminov, A. Basteev // International Scientific Journal «Alternative Energy and Ecology». – 2004. – № 1(9). – Р. 60-64.
12. Solovei V.V. Termodynamichni ta teplofizychni osnovy peretvoriuvannia enerhii v metalo hidrydnykh ustanovkakh / V.V. Solovei, N.A. Chorna // Voden v alternatyvni enerhetetsi ta novitnikh tekhnolohiiakh, za red. V.V. Skorokhoda, Yu.M. Solonina. – Kyiv: «KIM», 2015. – С. 273-278.