

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід ПЛЯЦУК
(підпис)

_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-
професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища»
на тему:

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ
ВОДНЮ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА

Здобувачки групи ТС-01 Савенкової Ксенії Олександрівни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ Ксенія САВЕНКОВА
(підпис)

Керівник – старший викладач кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат технічних наук

_____ Євген БАТАЛЬЦЕВ
(підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ___ ” _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентці Савенковій Ксенії Олександрівні

Група ТС-01

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Теоретичні основи технологій отримання водню як альтернативного палива».
2. Вихідні дані: наукові праці вітчизняних та зарубіжних науковців, матеріали науково-практичних конференцій, аналітичні звіти ООН.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:
 - процеси отримання водню на базі вугілля.
 - схеми електролізерів для отримання водню.
 - схема виробництва водню з біомаси.
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання – 03.04.2024 р.

Керівник

старший викладач кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат технічних наук
Батальцев Є.В.

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 22 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 53 сторінок, у тому числі 1 таблиця, 14 рисунків, перелік джерел посилання 3 сторінки.

Мета роботи – дослідження технологій виробництва гідрогену та їх впливу на навколишнє середовище з метою визначення їхньої ефективності та безпеки.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі завдання:

- проаналізувати сучасні технології виробництва гідрогену;
- визначити екологічні аспекти технологій виробництва, зберігання та транспортування гідрогену;
- проаналізувати екологічні переваги та недоліки технологій отримання та водню

Об'єкт дослідження – гідроген як альтернативний вид палива.

Предмет дослідження – технологічні рішення та методи, що застосовуються для виробництва, зберігання та транспортування гідрогену.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано сучасні технології виробництва гідрогену, виконано оцінку їх впливу на навколишнє середовище та безпеку праці. Запропоновано стратегії зменшення негативного впливу технологій виробництва гідрогену на навколишнє середовище та підвищення безпеки працівників. Розроблено рекомендації щодо управління надзвичайними ситуаціями в гідрогеновому виробництві.

Ключові слова: ГІДРОГЕН, ВОДЕНЬ, ВИРОБНИЦТВО ГІДРОГЕНУ, ЕКОЛОГІЯ, АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО.

ЗМІСТ

		С.
	Вступ	5
	Розділ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ	7
	1.1 Значення водню як альтернативного палива	7
	1.2 Теоретичні аспекти водневих технологій	10
	1.3 Сучасний стан та перспективи розвитку технологій отримання водню	12
	Розділ 2 ОСНОВНІ ШЛЯХИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ	15
	2.1 Отримання водню з природного газу	15
	2.2 Отримання водню з вугілля	18
	2.3 Отримання водню з відновлюваних джерел	23
	2.4 Отримання водню з біомаси	28
	2.5 Отримання водню з атомної енергетики	32
	Розділ 3 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДНЮ	34
	3.1 Зберігання водню	34
	3.2 Транспортування водню	36
	3.3 Значущість наявної газової інфраструктури	40
	Розділ 4 ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	43
	4.1 Аналіз екологічних переваг та викликів	43
	4.2 Порівняння з іншими альтернативними джерелами енергії	46
	Розділ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	48
	5.1 Організація роботи з уловлювання та зберігання водню	48
	5.2 Безпека праці в умовах уловлювання та зберігання водню	48
	5.3 Надзвичайні ситуації та їх управління	49
	Висновки	50
	Список використаної літератури	51

Підп. і дата						ТС 20510073									
Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	Теоретичні основи технологій отримання водню як альтернативного палива	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Інв.№поплд.						Розроб.	Савенкова						4	53	
						Перев.	Батальцев						СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС-01		
						Н.Контр	Батальцев								
						Затв.	Пляцук								

– визначити екологічні аспекти технологій виробництва, зберігання та транспортування гідрогену;

– проаналізувати екологічні переваги та недоліки технологій отримання та водню

Об'єктом дослідження є гідроген як альтернативний вид палива.

Предметом дослідження є технологічні рішення та методи, що застосовуються для виробництва, зберігання та транспортування гідрогену.

Методи дослідження. Інформаційну базу для виконання роботи склали наукові праці вітчизняних та зарубіжних науковців, матеріали науково-практичних конференцій, аналітичні звіти ООН.

Робота спрямована на пошук нових підходів до виробництва гідрогену, які б забезпечували економічну ефективність та екологічну чистоту процесу. Дослідження враховує сучасні тенденції у сфері енергетики та виробництва, що дозволяє впроваджувати інноваційні підходи у вирішенні проблеми пошуку ефективних джерел енергії.

Інв.№поодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510073					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	6

традиційних вуглеводнів воднем може зменшити залежність країн від імпорту енергоносіїв та забезпечити більшу енергетичну незалежність.

Отже, розвиток водневої економіки є ключовим напрямком для забезпечення сталого та екологічно чистого розвитку. З метою використання перспектив водню як альтернативного палива, важливо продовжувати вдосконалювати технології, розширювати інфраструктуру та підтримувати наукові дослідження в цьому напрямку. Тільки через спільні зусилля можна досягти максимальних результатів у використанні водню та перейти до більш сталої та ефективної енергетичної системи.

1.2 Теоретичні аспекти водневих технологій

Використання водню як альтернативного енергетичного джерела відкриває широкі можливості для розвитку сучасних енергетичних систем. Одним із ключових теоретичних аспектів водневих технологій є його ефективність як носія енергії. Водень може бути вироблений з різних джерел, включаючи відновлювальні джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергія, що робить його важливим компонентом енергетичного міксу.

Ще одним важливим аспектом є можливість використання водню у паливних елементах. Паливні елементи є ефективними та екологічно чистими джерелами енергії, оскільки під час їх роботи відбувається реакція між воднем та киснем, що призводить до вироблення електричної енергії та води як єдиного продукту.

Додатково, важливим аспектом є можливість використання водню для зберігання енергії. Водень може бути збережений у водневих танках або перетворений на інші хімічні речовини для подальшого використання у випадку потреби. Це дає можливість зберігати енергію з відновлювальних джерел та використовувати її у часи, коли вона найбільш необхідна.

Загалом, теоретичні аспекти водневих технологій відображають потенціал цього джерела енергії для розвитку сталої та ефективної

Інв. №	№ докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і дата	ТС 20510073				Арк
										10
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

енергії для майбутнього. Водень відіграє важливу роль у переході до сталої та екологічно чистої енергетики, і розвиток його виробництва стає актуальною задачею сучасності.

Незважаючи на ці виклики, воднева економіка відкриває нові можливості для розвитку сталої та ефективної енергетичної системи. Дослідження, інновації та співпраця між державами та приватним сектором можуть забезпечити успішний перехід до водневої енергетики та створити сприятливі умови для сталого розвитку суспільства.

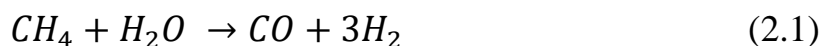
Інв.№поодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510073					Арк
										14
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ШЛЯХИ ОТРИМАННЯ ВОДНЮ

2.1 Отримання водню з природного газу

Одним із основних шляхів отримання водню є процес парогазового реформінгу природного газу. При цьому процесі метан, основний компонент природного газу, розщеплюється у присутності пари та каталізаторів на водень та вуглекислий газ. Парогазовий реформінг є великою джерельною базою водню, забезпечуючи близько 95% всього водню, що виробляється у світі.

Цей процес відбувається при високих температурах і тисках у присутності каталізаторів, зазвичай нікелю, паладію або рутенію. Під час реакції метан реагує з паром за наступною реакцією:



Отриманий суміш CO та H_2 , подається до процесу очищення від вуглекислого газу, де видаляється CO_2 , а згодом водень може бути відокремлений та використаний як паливо або сировина для різних промислових процесів.

Парогазовий реформінг є широко використовуваним методом виробництва водню завдяки своїй ефективності та високій продуктивності. Однак важливо звернути увагу на його вплив на довкілля, оскільки процес супроводжується виділенням вуглекислого газу, що може призвести до збільшення викидів парникових газів та погіршення кліматичної ситуації. В зв'язку з цим важливо продовжувати дослідження та вдосконалювати технології для зменшення викидів та покращення екологічної стійкості парогазового реформінгу.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	








Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510073

Арк

15

Таблиця 2.1 – Процеси отримання водню на базі вугілля [1]

		Ресурс	Процес	Результат
Водень на базі викопного палива	Природний газ і паровий реформинг		Паровий реформинг вуглеводнів на водень і монооксид вуглеводню	H_2 CO_2
	Природний газ і часткове окислення		Реакція метану при обмеженому об'ємі кисню	H_2 CO_2
	Природний газ і паровий реформинг з CCS		Паровий реформинг вуглеводнів на водень і монооксид вуглеводню	H_2 CO_2 (в сховищі)
	Природний газ і часткове окислення з CCS		Високотемпературна реакція між вугіллям та киснем	H_2 CO_2 (в сховищі) Інші субстанції
	Газифікація вугілля		Високотемпературна реакція між вугіллям та киснем	H_2 CO_2 (в сховищі) Інші субстанції
	Газифікація вугілля з CCS		Високотемпературна реакція між вугіллям та киснем	H_2 CO_2 (в сховищі) Інші субстанції
	Пироліз метана		Розщеплення природного газу на водень і твердий вуглець	H_2 Твердий вуглець/ графіт

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№поодл.

Однак, важливо враховувати екологічні наслідки газифікації вугілля. Процес супроводжується викидами парникових газів та інших шкідливих речовин, що може призвести до забруднення повітря та змін клімату. Тому важливо розробляти та впроваджувати технології очищення та зменшення викидів для забезпечення екологічно чистого виробництва водню з вугілля [1, с. 12].

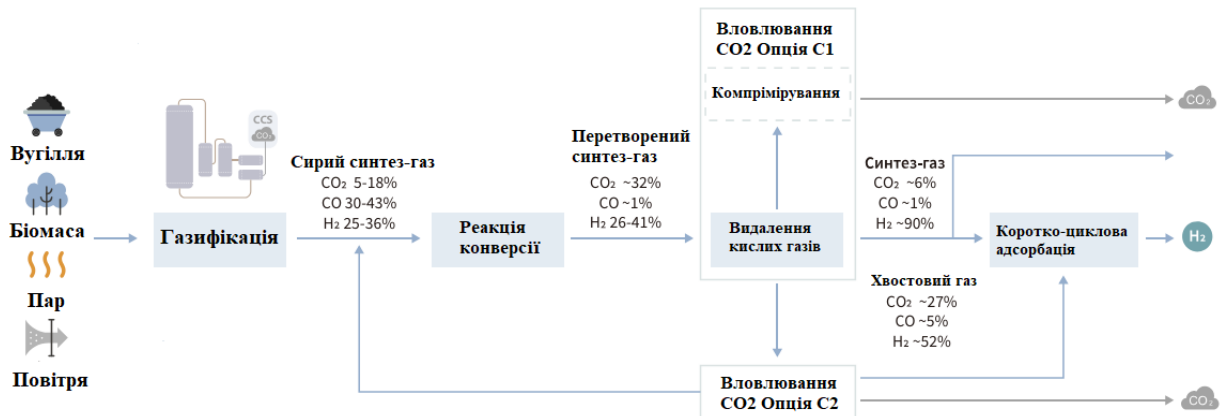


Рисунок 2.1 – Виробництво водню шляхом газифікації вугілля/біомаси з уловлюванням і зберіганням водню

Загалом, отримання водню з вугілля має значний потенціал як джерело водню, але вимагає комплексного підходу до вирішення технологічних та екологічних проблем. Важливо продовжувати дослідження та розвиток в цій галузі з метою забезпечення сталого та екологічно чистого використання вугілля для виробництва водню.

Одним із перспективних напрямків у виробництві водню з вугілля є використання різних технологій газифікації. Зокрема, інтегрована газифікація вугілля може бути ефективним способом отримання водню, оскільки вона дозволяє використовувати вугілля як джерело як водню, так і електроенергії.

У процесі газифікації вугілля виробляється синтез-газ, який потім може бути очищений та розщеплений на водень та інші компоненти. Однією з переваг цього процесу є можливість використання отриманого синтез-газу як

Підп. і дата
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№подл.

джерела енергії для виробництва електроенергії або тепла, що підвищує ефективність використання вугілля.

Наприклад, технологія IGCC (інтегрована газифікація та комбінований цикл) поєднує в собі процеси газифікації вугілля та виробництва електроенергії з використанням газової турбіни та парової турбіни. Це дозволяє ефективно використовувати вугілля та одночасно зменшити викиди парникових газів та інших шкідливих речовин.

Однак, необхідно враховувати екологічні наслідки газифікації вугілля, зокрема, викиди вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин. Тому важливо розробляти та впроваджувати технології очищення та зменшення викидів, які забезпечать екологічно чисте виробництво водню з вугілля.

Технології газифікації вугілля відкривають нові можливості для виробництва водню, але вимагають комплексного підходу до вирішення технологічних та екологічних проблем. Важливо продовжувати дослідження та розвиток у цій галузі з метою забезпечення сталого та екологічно чистого використання вугілля для виробництва водню.

Хоча технології газифікації вугілля відкривають нові можливості для виробництва водню, вони також стикаються з рядом викликів. Одним з них є високі витрати на будівництво та експлуатацію газифікаційних установок. Крім того, екологічні побічні ефекти, такі як викиди вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин, потребують серйозної уваги та розробки ефективних технологій очищення.

Проте, не дивлячись на ці виклики, перспективи використання водню з вугіллям залишаються обіцяючими. Вугільні родовища є широко поширеними та доступними в багатьох регіонах світу, що дозволяє ефективно використовувати цей ресурс для виробництва водню. Більше того, розвиток нових технологій газифікації та очищення може сприяти зменшенню викидів та поліпшенню екологічних показників виробництва.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510073

Арк

21

Таким чином, необхідно продовжувати дослідження та розвиток у галузі газифікації вугілля для виробництва водню. Це відкриває можливості для забезпечення сталого та екологічно чистого виробництва водню, яке може стати важливим компонентом енергетичного міксу у переході до низьковуглецевої економіки.

Для досягнення успіху в галузі використання вугілля для виробництва водню важливо забезпечити достатнє фінансування досліджень та розвитку технологій. Інвестування у дослідження нових методів газифікації, розробку ефективних систем очищення та зберігання водню допоможе зробити процес виробництва водню з вугіллям більш ефективним та екологічно чистим.

Паралельно з цим, важливо сприяти розвитку ринку водню та створювати сприятливі умови для впровадження вугільних технологій у практиці. Залучення державних та приватних інвестицій, стимулюючі законодавчі заходи та податкові пільги можуть сприяти активному розвитку цього сектору.

Необхідно також звернути увагу на підготовку кадрів у галузі вуглехімії та водневої енергетики. Спеціалісти з відповідною кваліфікацією будуть потрібні для впровадження нових технологій та підтримки розвитку вугільного сектору.

У підсумку, інвестування в дослідження, створення сприятливих умов для розвитку ринку та підготовка кадрів є ключовими аспектами для подальшого розвитку вугільних технологій та виробництва водню. За правильного підходу це може стати важливим кроком у переході до сталої та екологічно чистої енергетики.

Однією з ключових складових успішного розвитку вугільних технологій та виробництва водню є співпраця та обмін досвідом на міжнародному рівні. Партнерські відносини з іншими країнами, які також активно працюють у цій галузі, дозволять об'єднати зусилля для досягнення спільних цілей.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

									ТС 20510073	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						22

Міжнародні конференції, семінари та форуми стають майданчиками для обміну ідеями та новітніми розробками у сфері вугільної промисловості та водневої енергетики. Участь у таких заходах дозволяє отримати доступ до передового досвіду та знань, а також розширити мережу контактів для майбутньої співпраці.

Крім того, міжнародні проекти та спільні дослідження можуть стати джерелом нових інновацій та технологічних рішень. Спільні зусилля дозволять прискорити розвиток нових технологій та сприятимуть їх швидкій комерціалізації.

Отже, співпраця та міжнародний обмін досвідом важливі для подальшого розвитку вугільних технологій та виробництва водню. Це дозволить зробити процес більш ефективним, швидким та екологічно безпечним, сприяючи переходу до сталої та низьковуглецевої енергетики.

2.3 Отримання водню з відновлюваних джерел

Отримання водню з відновлюваних джерел є ключовою складовою виробництва зеленого водню, що відбувається без використання вугілля або інших невідновлюваних ресурсів. Цей підхід відповідає вимогам сталого розвитку та сприяє зменшенню викидів парникових газів [3]

Одним з перспективних методів отримання водню з відновлюваних джерел є використання сонячної енергії. Фотоелектроліз води дозволяє розщеплювати воду на водень і кисень за допомогою сонячних панелей, що забезпечує чисте та екологічно безпечне джерело водню [4].

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

											ТС 20510073	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата								23

Луговий електролізер - схема установки і допоміжне обладнання

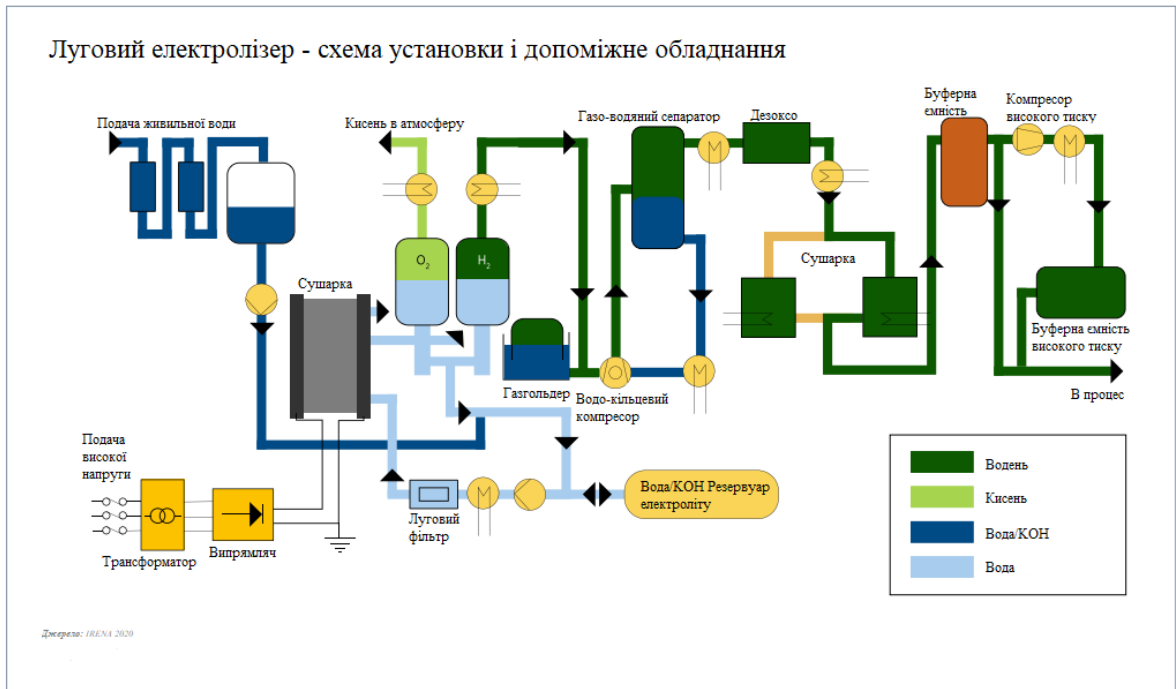


Рисунок 2.2 – Луговий електролізер [1, с. 13]

Електролізер з протонообмінною мембраною - схема установки та допоміжне обладнання

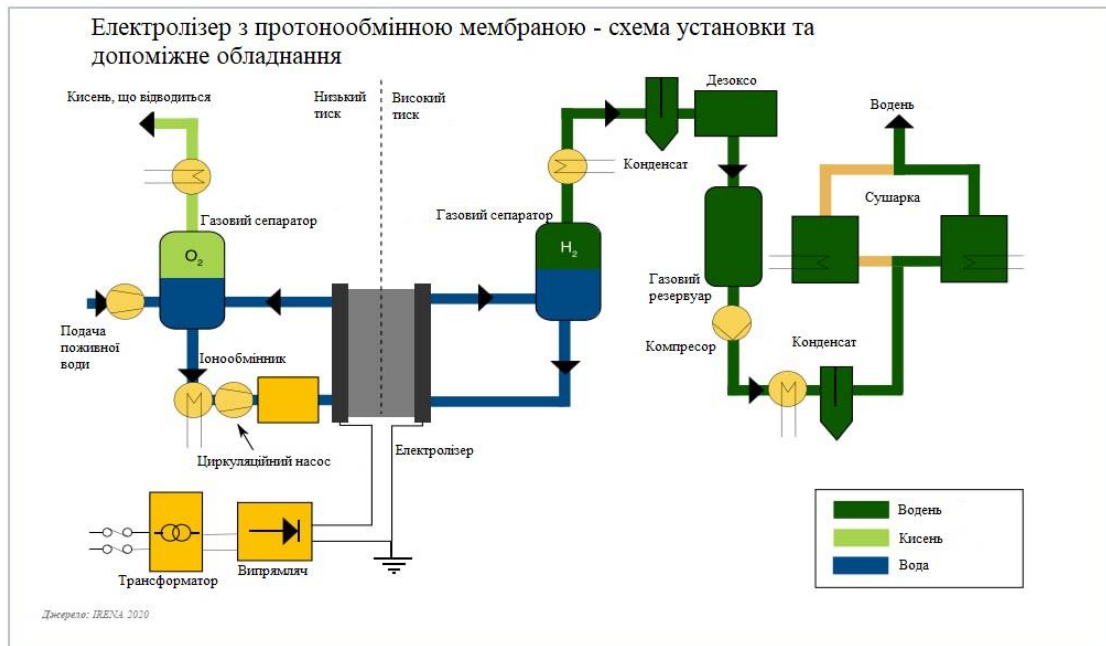


Рисунок 2.3 – Електролізер з протонообмінною мембраною [1, с. 14]

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№одубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 20510073

Арк

24

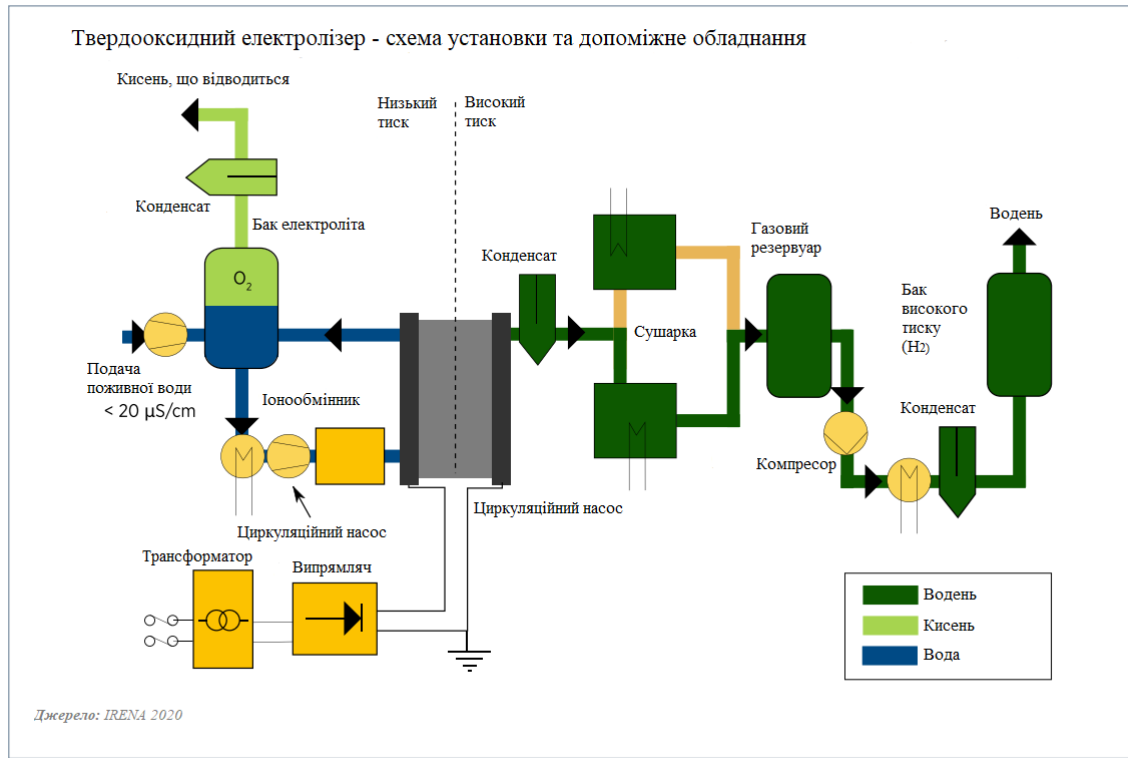


Рисунок 2.4 – Твердооксидний електролізер [1, с. 15]

Крім того, вітрова енергія також може бути використана для виробництва водню. За допомогою вітрових турбін вода може бути розщеплена на водень і кисень, що дозволяє отримувати зелений водень без викидів CO_2 . [4]

Однією з переваг використання відновлюваних джерел для виробництва водню є їх невичерпність і доступність. Сонячна та вітрова енергія є безмежними джерелами, що є постійно доступними в багатьох регіонах світу. Це дозволяє забезпечувати стабільне та неперервне виробництво зеленого водню без необхідності видобутку та споживання вугілля або інших обмежених ресурсів.

Крім того, використання відновлюваних джерел для виробництва водню сприяє розвитку нових технологій та інновацій. Інвестиції у дослідження та розробки у цій галузі сприяють появі більш ефективних та екологічно чистих методів виробництва водню, що може стати важливим кроком у переході до низьковуглецевої енергетики.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	



Рисунок 2.5 – Процес виробництва біоводню з біомаси [1, с. 16]

Використання біомаси для виробництва водню має великий потенціал як для зменшення викидів шкідливих речовин, так і для використання відходів як джерела відновлюваної енергії. Додатковими дослідженнями та інвестиціями у цей напрямок можна забезпечити подальший розвиток технологій виробництва водню з біомаси та впровадження їх у практику.

Однак, існують певні виклики та перешкоди перед впровадженням технологій отримання водню з біомаси. Однією з них є економічна вигідність таких процесів порівняно з традиційними джерелами виробництва водню. Технології отримання водню з біомаси можуть бути дорожчими та менш ефективними в порівнянні з іншими джерелами, такими як газове розщеплення води або електроліз води, що може стати перешкодою для їх широкого застосування.

Крім того, існує проблема великих обсягів біомаси, необхідних для виробництва значних кількостей водню. Це може вимагати значних

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 20510073

2.5 Отримання водню з атомної енергетики

Отримання водню з атомної енергетики є одним із потенційних методів виробництва цього важливого енергетичного носія. Атомна енергетика використовується для генерації електроенергії шляхом розщеплення важких ядер атомів палива, наприклад, урану чи плутонію [9]. Процес розщеплення у ядерному реакторі здатний виділяти значну кількість енергії, яка потім може бути використана для виробництва водню.

Головна перевага отримання водню з атомної енергетики полягає в його високій ефективності та стабільності постачання електроенергії [10]. Атомні електростанції можуть працювати безперервно протягом тривалого часу і забезпечувати стабільний потік електроенергії для виробництва водню навіть у випадку змін погодних умов або пікових навантажень на електромережу.

Проте, існують певні технічні та екологічні виклики, пов'язані з використанням атомної енергетики для виробництва водню. Зокрема, необхідно забезпечити безпечність ядерних реакторів та відповідну обробку радіоактивних відходів [11]. Додатково, важливо розвивати технології зберігання та транспортування водню, щоб забезпечити безпеку та ефективність використання отриманого палива.

Використання водню як альтернативного джерела енергії є важливим кроком у переході до стійкої та екологічно чистої енергетики. Різноманітні методи отримання водню, такі як електроліз води, використання відновлюваних джерел енергії, атомної енергетики, біомаси та інших, відкривають широкі можливості для створення ефективних та стійких енергетичних систем.

Важливо продовжувати наукові дослідження та інновації в цій галузі, щоб досягти більшої ефективності та економічної прийнятності процесів виробництва водню. Також необхідно звернути увагу на розвиток

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 20510073

Арк

32

інфраструктури для зберігання, транспортування та розподілу водню, щоб забезпечити його безпечне та надійне використання у різних секторах економіки.

Успішна реалізація цих заходів дозволить сприяти переходу до стійкої та екологічно чистої енергетики, зменшити викиди парникових газів та залежність від традиційних джерел енергії.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510073	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		33

РОЗДІЛ 3 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДНЮ

3.1 Зберігання водню

Зберігання водню є ключовою складовою успішного впровадження водневої енергетики. Оскільки водень є легкозпалюючою та вибухонебезпечною речовиною, виникає потреба у розвитку надійних та безпечних систем зберігання.

Одним з найбільш поширених методів зберігання водню є його стиснення у спеціальних резервуарах під високим тиском [12]. Цей метод дозволяє зберігати великі обсяги водню у відносно малому об'ємі, але вимагає великих енергетичних затрат на стискання та утримання необхідного тиску. Крім того, такі системи потребують регулярної перевірки на міцність та безпеку.

Іншим поширеним методом є зберігання водню у вигляді рідкого газу при низьких температурах [12]. Рідкий водень має високу енергетичну щільність, що дозволяє зберігати більші обсяги водню у відносно компактних резервуарах. Однак цей метод також потребує значних енергетичних затрат на охолодження та утримання низьких температур [13].

Крім того, в розробці знаходяться нові технології зберігання водню, такі як адсорбція на пористих матеріалах та хімічне зберігання у вигляді гідридів. Ці методи відомі своєю високою ефективністю та безпекою, але потребують подальших досліджень для їх широкого впровадження [14].

Збереження водню є ключовою складовою для його успішного використання як енергетичного носія. Розвиток надійних та ефективних систем зберігання є важливим завданням для подальшого розвитку водневої енергетики.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510073				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

У сучасному світі інфраструктура для транспортування водню вже існує, особливо у Європейському союзі. Європейські країни активно працюють над розвитком мережі трубопроводів для водню, яка дозволить ефективно постачати водень з місць його виробництва до кінцевих споживачів. Аналізуючи стан цієї інфраструктури, можна визначити кілька ключових аспектів.

Аналіз Європейської інфраструктури трубопроводів для водню 2030-2050

- Трубопроводи для H2 2030р
- Трубопроводи для H2 2040р
- Країни, що ввійшли в дослідження
- Країни, що не ввійшли в дослідження

Потенційні сховища для H2 (тільки переобладнані):

- ▲ Потенційні сховища для H2: Соляні каверни
- Потенційні сховища для H2: Водоносні області
- ◆ Потенційні сховища для H2: Відпрацьовані родовища
- ✕ Потенційні сховища для H2: Кристалічні структури або печерні в скельних породах

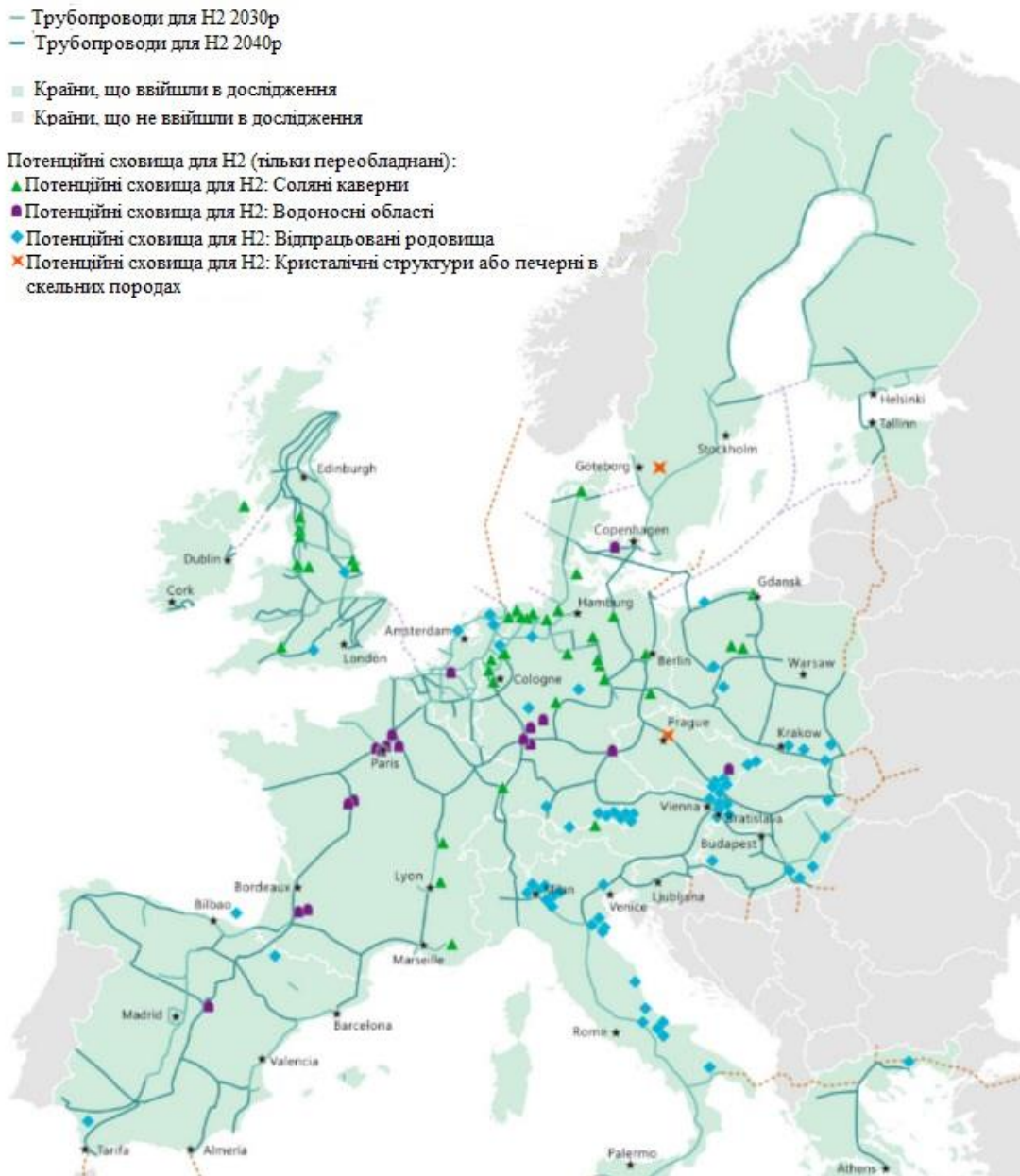


Рисунок 3.1 – Аналіз європейської інфраструктури трубопроводів для водню [1, с. 23]

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

ТС 20510073

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

35

Перш за все, Європейський союз вже має значний досвід у використанні газопроводів для транспортування природного газу. Такі газопроводи можуть бути адаптовані для транспортування водню з відносно невеликими змінами. Це дозволяє швидко розвивати інфраструктуру для водню та ефективно використовувати існуючі мережі трубопроводів [1].

Другим аспектом є поступове збільшення обсягів виробництва водню в Європі. З ростом виробництва водню з відновлюваних джерел, таких як сонячна та вітрова енергія, збільшується потреба у розвитку інфраструктури транспортування. Це створює нові можливості для розвитку та модернізації мережі трубопроводів [1].

Нарешті, європейські країни активно співпрацюють у сфері розвитку технологій зберігання та транспортування водню. Це сприяє обміну досвідом та найкращими практиками, а також спільним проектам з будівництва трубопроводів. Такий підхід дозволяє знижувати витрати та підвищувати ефективність розвитку інфраструктури для водню.

У цілому, аналізуючи інфраструктуру трубопроводів для водню в Європі, можна зробити висновок, що цей регіон має значний потенціал для розвитку водневої енергетики. Інфраструктура трубопроводів вже існує і постійно модернізується, що створює сприятливі умови для подальшого зростання виробництва та використання водню як екологічно чистого палива.

3.2 Транспортування водню

Транспортування водню від місця виробництва до кінцевого споживача відіграє ключову роль у розвитку водневої енергетики. Для забезпечення ефективного та безпечного перевезення великих обсягів водню розробляються різноманітні технології та інфраструктура.

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

так і рідкого водню. Морські термінали також використовуються для приймання, зберігання та розподілу водню, особливо у випадках, коли трубопровідна інфраструктура не доступна або неефективна.

З пересуванням водню застосовуються різні методи, зокрема транспортування по морю та наземна дистрибуція. Транспортування по морю здійснюється за допомогою спеціальних танкерів або контейнеровозів, які призначені для перевезення рідкого водню. Наземна дистрибуція передбачає використання спеціалізованих транспортних засобів для доставки водню на ринки споживання, такі як автомобілі, залізниця та інші [16].

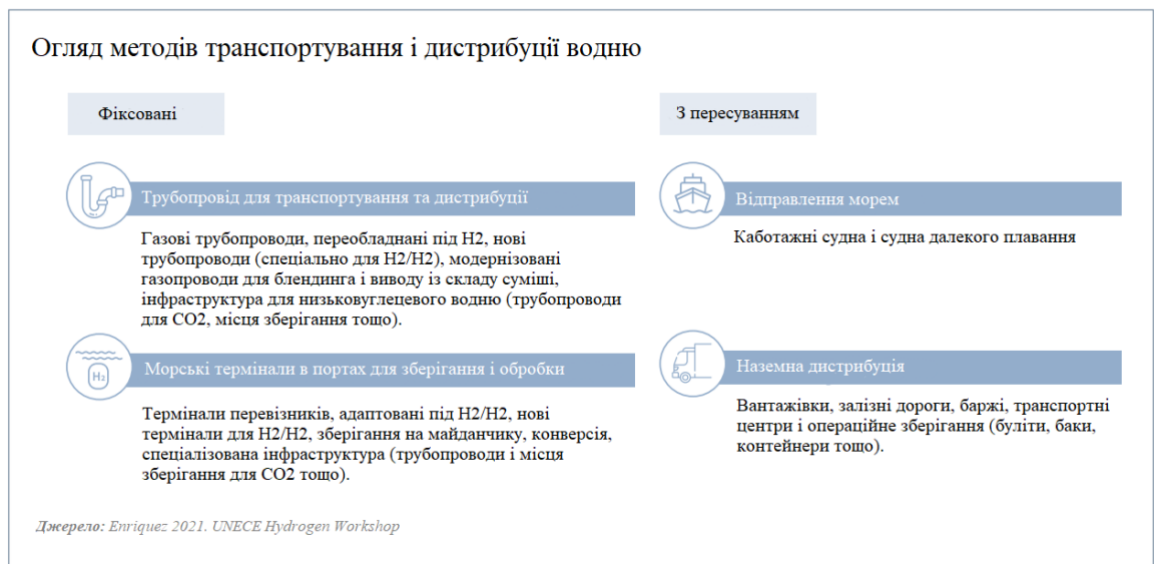


Рисунок 3.2 – Огляд методів транспортування водню [1]

Аналізуючи різні методи транспортування та дистрибуції водню, можна визначити їх переваги та недоліки. Наприклад, фіксовані системи, такі як трубопровідний транспорт, забезпечують стабільну та ефективну поставку великих обсягів водню на великі відстані, проте вони можуть бути дорогими у встановленні та підтримці. З іншого боку, методи з пересуванням, такі як транспортування по морю та наземна дистрибуція, можуть бути більш гнучкими та доступними, але вони можуть мати обмежену місткість та вимагати додаткових витрат на інфраструктуру та обладнання.

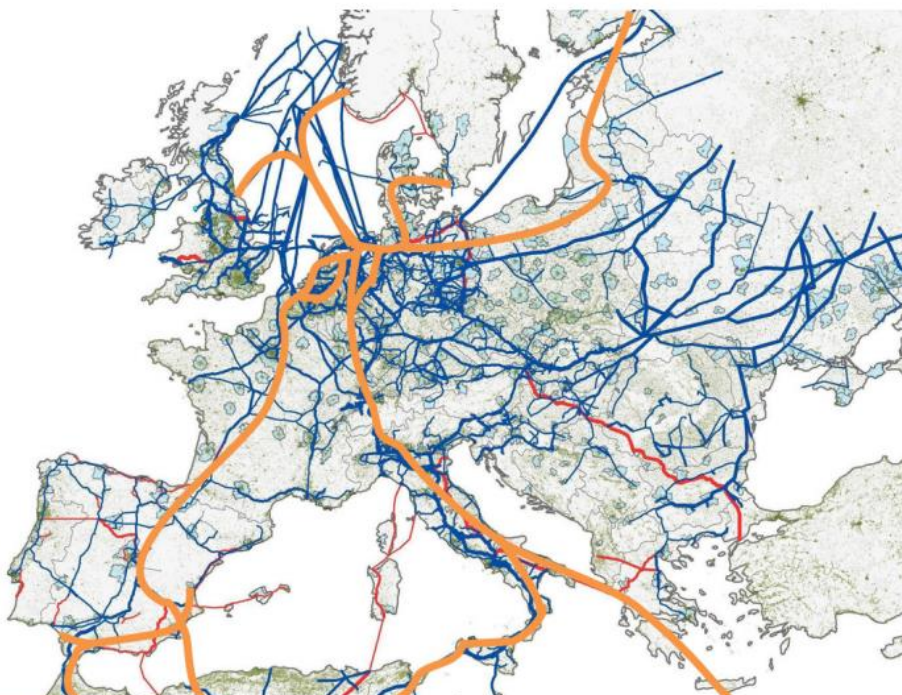
Підп. і дата
Інв.№додл.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№додл.

У контексті розвитку водневої економіки важливо розглядати різні методи транспортування водню та вибирати ті, які найбільш відповідають конкретним умовам та потребам ринку. Це дозволить забезпечити ефективну та надійну поставку водню, сприяти розвитку інфраструктури та забезпечити стале зростання водневої економіки.

Майбутня транс'європейська мережа транспортування і дистрибуції водню визначається як важлива складова розвитку водневої індустрії в Європі. Ця мережа, зокрема, передбачає побудову нових трубопроводів, створення морських терміналів, розвиток технологій транспортування по морю та наземної дистрибуції, а також інтеграцію існуючих систем інфраструктури.

Існує транс'європейська мережа транспортування водню. Слід звернути увагу на декілька ключових аспектів.

Малюнок 15 Майбутня транс'європейська мережа трубопроводів для транспортування та розподілу водню



Джерело: Hydrogen Europe 2019

Інфраструктура природного газу в Європі (сині та червоні лінії) та перший план магістральної інфраструктури водню (помаранчеві лінії)

Рисунок 3.3 - Транс'європейська мережа транспортування водню [1, с. 26]

Підп. і дата	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Інв.№подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510073

Арк

39

Отже, можна зробити висновок щодо важливості ефективної організації інфраструктури для розвитку водневої економіки.

Перш за все, зберігання водню вимагає розробки та впровадження спеціалізованих технологій інфраструктури з високим рівнем безпеки та ефективності.

Далі, транспортування водню потребує належної інфраструктури, зокрема трубопроводів та технологій, які забезпечують безпеку та ефективність перевезення.

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510073					Арк
										42
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

Перш за все, переваги використання водню полягають у його низьких викидах CO_2 під час спалювання, що робить його екологічно чистим джерелом енергії, яке не сприяє глобальному потеплінню [18]. При цьому, використання водню може допомогти зменшити залежність від традиційних вуглеводнів, які сприяють забрудненню навколишнього середовища та глобальному потеплінню [19].

Однак, існують і виклики, пов'язані з виробництвом, зберіганням і транспортуванням водню. Наприклад, для отримання водню потрібна енергія, яка часто виробляється за допомогою енергетичних джерел, що використовують вуглеводні або інші неекологічні джерела, що може збільшувати загальні викиди. Крім того, зберігання водню може бути проблемою через його низьку щільність і вибухонебезпечність.

Використання водню як альтернативного палива може значно зменшити викиди парникових газів та інших шкідливих речовин, що спричиняють забруднення атмосфери та зміну клімату. Особливо це важливо у контексті боротьби з глобальним потеплінням та забрудненням повітря у містах. Крім того, водень може допомогти у зменшенні залежності від вуглеводнів, що мають обмежені ресурси та створюють ризики для екології.

Підп. і дата																																
Підп. і дата																																
Взаєм. інв. №																																
Інв. №																																
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 20510073															Арк	44											

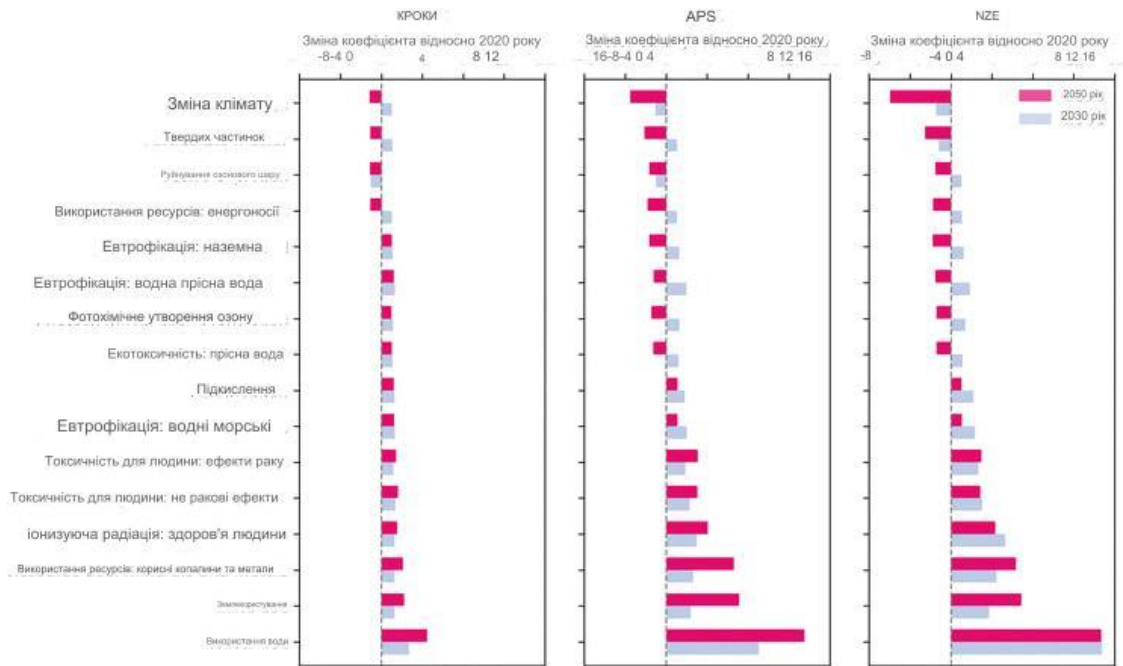


Рисунок 4.2 – Фактор зміни майбутніх впливів на навколишнє середовище одного кг Н₂ на світовому ринку Н₂ у 2030 та 2050 роках відносно 2020 року за сценаріями STEPS, APS та NZE [17]

Проте разом з перевагами виникають і виклики. Одним з найважливіших викликів є енергетичні витрати на виробництво водню, особливо якщо для його отримання використовуються не відновлювані джерела енергії, такі як кам'яне вугілля [20]. Також існує проблема зберігання та транспортування водню, оскільки він є легкозаймистим газом і вимагає спеціальних умов для зберігання та перевезення.

Отже, хоча використання водню має потенціал для значного зменшення викидів та покращення стану навколишнього середовища, його впровадження потребує подальших досліджень та розвитку технологій, що враховуватимуть як переваги, так і виклики, пов'язані з екологічними аспектами.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Вип	Арк

4.2 Порівняння з іншими альтернативними джерелами енергії

Порівняємо технології отримання водню з іншими альтернативними джерелами енергії для оцінки їх впливу на навколишнє середовище.

Почнемо з сонячної енергії, яка є однією з найбільш екологічно чистих форм виробництва енергії. Вона не викидає шкідливі речовини в атмосферу і не спричиняє забруднення навколишнього середовища. Однак, сонячна енергія потребує великих земельних площ для розташування сонячних панелей, що може призвести до зміни ландшафту та втрати біорізноманіття [21].

Щодо вітрової енергії, вона також вважається чистим джерелом енергії. Вітряні турбіни не викидають парникові гази та інші шкідливі речовини. Однак їх вплив на ландшафт та деякі види диких тварин може бути негативним.

Ще однією альтернативою є ядерна енергія, яка має високу ефективність та низькі викиди. Однак її використання пов'язане з ризиком аварій та проблемою утилізації радіоактивних відходів.

Порівнюючи з іншими альтернативними джерелами енергії, технології отримання водню мають свої переваги та виклики. Вони можуть бути менш відомими та менш вживаними порівняно з сонячною та вітровою енергією, але вони мають потенціал стати ключовим елементом майбутнього енергетичного сектора, зменшуючи залежність від вуглеводнів та забруднення навколишнього середовища.

Аналіз екологічних переваг та викликів показав, що технології виробництва водню мають значний потенціал для зменшення викидів парникових газів та інших шкідливих речовин у атмосферу порівняно з традиційними джерелами енергії.

Інв. №	№ докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №	№ докл.	Підп. і дата	TC 20510073	Арк
								46
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				

Порівняння з іншими альтернативними джерелами енергії показало, що технології виробництва водню мають свої переваги та недоліки порівняно з сонячною, вітровою та ядерною енергією.

Інв.№поодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і дата	ТС 20510073	Арк
						47
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація роботи з уловлювання та зберігання водню

Одним із ключових аспектів організації роботи є навчання персоналу професійним навикам з управління та безпечного взаємодії з воднем. Це включає навчання з правил техніки безпеки, ознайомлення з характеристиками водню та методами його контролю.

Крім того, необхідно розробити та впровадити ефективні процедури для виявлення, управління та мінімізації ризиків при роботі з воднем. Це включає в себе системи моніторингу та контролю за рівнями водню, а також процедури реагування на надзвичайні ситуації, такі як витoki або аварії.

Надзвичайні ситуації можуть виникати через можливість виникнення пожеж, вибухів або інших небезпечних подій при взаємодії з воднем. Тому важливо мати чіткі плани евакуації та надати персоналу необхідні засоби захисту, такі як спеціальний одяг та пристрої дихального захисту.

5.2 Безпека праці в умовах уловлювання та зберігання водню

Початковою вимогою є проведення комплексного аналізу потенційних ризиків та визначення заходів безпеки. Це включає оцінку можливих джерел вибухів, пожеж та інших небезпечних ситуацій, а також розробку стратегій їх запобігання та управління.

Далі, важливо забезпечити належну підготовку персоналу, який працює з воднем. Це включає ознайомлення з правилами безпеки, процедурами екстреного реагування та використанням захисного обладнання. Регулярне навчання та тренування персоналу допомагають підтримувати високий рівень обізнаності та готовності до дії в надзвичайних ситуаціях.

Підп. і дата				
Інв. № додл.				
Взаєм. інв. №				
Інв. № додубл.				
Підп. і дата				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510073

Арк

48

ВИСНОВКИ

У роботі проведено детальний аналіз різних технологій виробництва водню з різних джерел, включаючи природний газ, вугілля, відновлювані джерела, біомасу та атомну енергетику. Висновки цього дослідження підкреслюють значення водню як альтернативного палива у контексті переходу до енергетики низького викиду вуглецю.

Переваги водню полягають у його великому потенціалі як енергетичного носія, його екологічній чистоті та можливості зменшення залежності від імпортованих вуглеводнів. Однак, щоб водень став широко використовуваним та ефективним паливом, необхідні додаткові дослідження та інвестиції в розвиток технологій виробництва, зберігання та транспортування.

Важливо також врахувати вплив впровадження водню на економіку, соціальні аспекти та загальний розвиток суспільства. Для успішного переходу до водневої економіки необхідна широка підтримка та співпраця між урядовими органами, промисловістю, науково-дослідними установами та громадськістю.

З позицій екології, перехід до водневої енергетики може значно покращити якість повітря та зменшити забруднення навколишнього середовища, що принесе користь для здоров'я населення та екосистем.

Отже, продовження досліджень та інвестування в технології виробництва водню має потенціал змінити світ до кращого, створити стабільне та стале енергетичне майбутнє для наступних поколінь.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 20510073

Арк

50

