

**Максим КАРПАШ**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри архітектури та будівництва  
Заклад вищої освіти «Університет Короля Данила»  
<https://orcid.org/0000-0002-4223-3828>

**Любомир ЖОВТУЛЯ**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри архітектури та будівництва  
Заклад вищої освіти «Університет Короля Данила»  
<https://orcid.org/0000-0001-5255-8522>

**Назарій-Андрій СОРОКА**

доктор філософії з метрології та інформаційно-вимірювальної техніки,  
старший викладач кафедри архітектури та будівництва  
Заклад вищої освіти «Університет Короля Данила»  
<https://orcid.org/0000-0002-8549-7014>

## **СТРАТЕГІЧНА РАМКА КВАЛІФІКАЦІЙ ТА ОСВІТИ ДЛЯ ЗРОСТАЮЧОГО СЕКТОРУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ<sup>1</sup>**

Проект Водневої стратегії України має на меті перетворити країну на ключового гравця у переході Європи на чисту енергетику, досягнувши 10 ГВт виробничої потужності «зеленого» водню до 2030 року. Попри чіткі стратегічні та економічні передумови цього переходу, розвиток людського капіталу для нової енергетичної системи залишається без належної уваги з боку закладів освіти.

Аналіз освітнього ландшафту ЄС виявляє багаторівневий підхід до розвитку робочої сили у секторі водневої енергетики. Заклади вищої освіти (ЗВО) в Європі зосереджені на дослідженнях та інноваціях високого рівня, а програми професійно-технічної освіти вирішують проблеми гострої нестачі робочої сили. Це доповнюється екосистемою післядипломної професійної освіти та галузевими сертифікаціями.

У статті автори пропонують багаторівневу рамку кваліфікацій для України, адаптовану до її потреб та узгоджену з освітніми векторами ЄС. Ця рамка охоплює техніків рівня ПТО, інженерів рівня ЗВО та науковців, створюючи передумови для систематичного розвитку людського капіталу, залучення інвестицій та реалізації амбіцій у сфері «зеленого» водню.

**Ключові слова:** освіта, «зелений» водень, кваліфікації, навички.

---

<sup>1</sup> Статтю підготовлено в рамках проектів H2CoVE, LuxHyVal та SH2AMROCK, що фінансується Європейським Союзом.

## **STRATEGIC FRAMEWORK FOR QUALIFICATIONS AND EDUCATION FOR THE GROWING HYDROGEN ENERGY SECTOR IN UKRAINE**

The draft Hydrogen Strategy of Ukraine aims to transform the country into a key player in Europe's transition to clean energy, achieving 10 GW of green hydrogen production capacity by 2030. Despite the clear strategic and economic rationale for this transition, the development of human capital for the new energy system remains neglected by educational institutions.

An analysis of the EU educational landscape reveals a multi-level approach to workforce development in the hydrogen energy sector. Higher education institutions (HEIs) in Europe focus on high-level research and innovation, while vocational education and training programs address immediate labor shortages. This is complemented by an ecosystem of continuing professional education and industry certifications.

In the article, the authors propose a multi-level qualifications framework for Ukraine, adapted to its needs and aligned with EU educational vectors. This framework covers VET-level technicians, HE-level engineers, and researchers, creating the conditions for the systematic development of human capital, attracting investment, and realizing ambitions in the field of green hydrogen.

**Key words:** education, green hydrogen, qualifications, skills.

### **Вступ. Українські можливості у сфері водню та потреба у розвитку людського капіталу**

*Стратегічне бачення України у сфері зеленого водню.*

Україна стратегічно позиціонує себе як майбутнього лідера в європейській економіці «зеленого» водню. Проект Водневої стратегії країни та її Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року спрямовані на використання значного потенціалу вітрової та сонячної енергії для виробництва й експорту чистої енергії [13]. Стратегія встановлює чітку дорожню карту з амбітними цілями: у короткостроковій перспективі (2022–2025 рр.) акцент робиться на закладенні основ для водневої енергетики з баченням стати ключовим експортером до ЄС. Середньострокова мета (2026–2030 рр.) полягає в розширенні виробництва до значних 12–15 ГВт, узгоджуючись із цільовим показником потужності ЄС у 10 ГВт на той самий період. Довгостроковий план (2031–2050 рр.) передбачає повний перехід на «зелений» водень із зосередженням на значному розвитку інфраструктури, зокрема використанні до 50 % існуючої газотранспорт-

ної системи (ГТС) для розподілу водню. Цей стратегічний план розглядається не лише як засіб декарбонізації ключових секторів та підвищення енергетичної безпеки, але й як каталізатор економічного зростання з прогнозами зростання ВВП на 4–6 % до 2030 року.

### *Поточні ініціативи та стейкхолдери*

Таке бачення підтримується низкою активних проєктів та ключових інституційних стейкхолдерів. Наприклад, Університет Короля Данила є партнером у ряді проєктів високого рівня зі створення водневих долин у Люксембурзі (LuxHyVal) [19] та Ірландії (SH2AMROCK) [20]. УКД разом з Українською Водневою Радою є партнером у проєкті H2CoVE [14], який спрямований на створення локальних екосистем водневих навичок по всій Європі. Оператор ГТС України (ОГТСУ) активно досліджує доцільність перепрофілювання трубопроводів для транспортування водню у співпраці зі своїми колегами зі Словаччини, Чехії та Німеччини в рамках проєкту Центральноєвропейського водневого коридору (СЕНС) [4]. Ця ініціатива має на меті створити водневу «магістраль» від України до Німеччини до 2030 року з прогнозованою пропускнуною спроможністю до 1,5

мільйона тонн на рік. Запропоновані водневі проекти в Україні, як-от дві найбільш просунуті водневі долини на Закарпатті та в Рені, стратегічно розташовані поблизу кордонів ЄС і переважно орієнтовані на експорт [3]. Наприклад, проект у Рені планує виробляти 7 000–8 000 тонн водню щорічно на початковому етапі, використовуючи свою близькість до морського порту для полегшення транспортування до Центральної Європи.

#### Потреба у людському капіталі

Масштаб водневих амбіцій України, включно з прогнозованими інвестиціями у розмірі 85–90 мільярдів доларів США, необхідними для відновлюваних джерел енергії та електролізу, свідчить про фундаментальну національну переорієнтацію на нову енергетичну ідентичність [3]. Хоча забезпечення цих інвестицій має вирішальне значення, не менш критичним викликом є розвиток робочої сили, здатної втілити ці проекти в життя. Без надійної та висококваліфікованої бази людського капіталу амбітні цільові показники потужності країни є недосяжними, що позиціонує дефіцит навичок як основний

фактор ризику для всієї стратегії. Існування міжнародних ініціатив, як-от фінансований Великою Британією проєкт SHIELD під керівництвом Оксфордського університету та Київської школи економіки, який має на меті надати підтримку у прийнятті рішень для енергетичного переходу України, підтверджує, що міжнародні партнери визнають цей недолік головним бар'єром [7]. Фокус таких проєктів, як SHIELD, на картуванні зацікавлених сторін та політичних порадах підкреслює необхідність створення комплексної екосистеми, в основі якої лежить кваліфікована робоча сила (рис. 1). Отже, розробка національної рамки кваліфікацій є не вторинною метою, а фундаментальною передумовою для досягнення стратегічних та економічних цілей країни.

**Мета дослідження** – проаналізувати існуючу систему забезпечення кваліфікації та перекваліфікації кадрів для водневої енергетики в ЄС та запропонувати конкретні перші кроки для розбудови аналогічної системи в Україні з урахуванням національних сильних та слабких сторін.

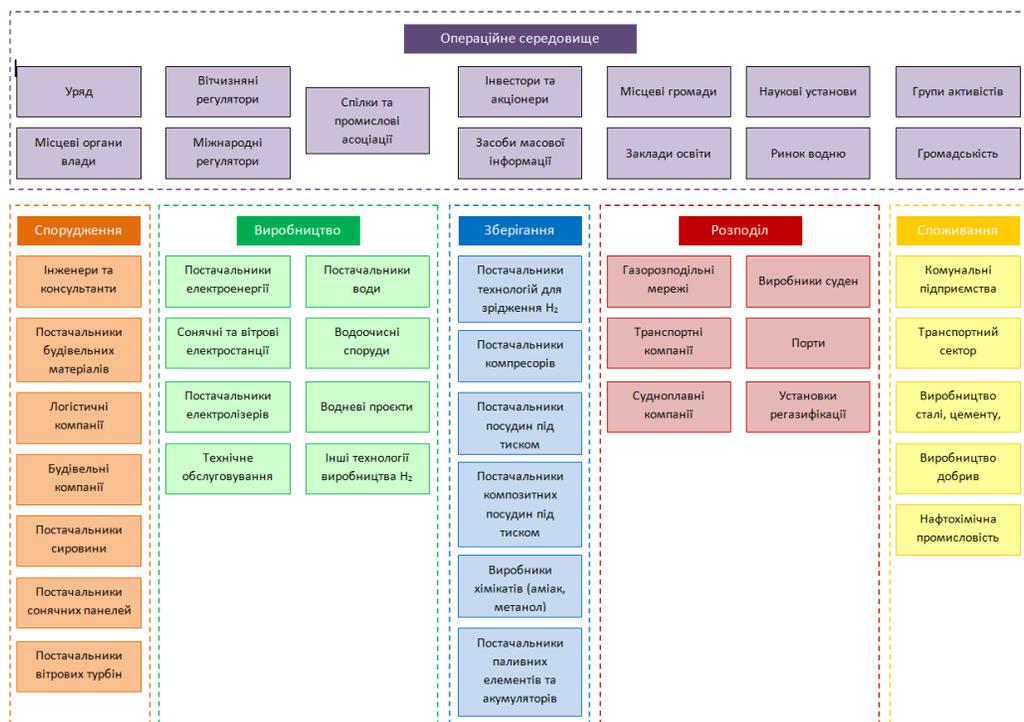


Рис. 1. Карта стейкхолдерів у сфері водневої освіти [25]

### Огляд освітньо-тренінгового ландшафту Європейського Союзу для водневої енергетики

Огляд європейського освітнього та тренінгового ландшафту для водневого сектору демонструє структурований, багатовекторний підхід, який може слугувати цінною моделлю для України. Цей аналіз ґрунтується на даних, зібраних Європейською водневою обсерваторією (ЄВО) – центральним сховищем інформації про водень у Європі [10].

#### Заклади вищої освіти (ЗВО)

Станом на червень 2025 року ЄВО ідентифікувала 261 навчальну програму, пов'язану з воднем, по всій Європі, причому магістерські програми становлять найбільший сегмент – 50 % від загальної кількості (рис. 2). Ця концентрація просунутих академічних програм, які пропонуються у 21 країні (де лідерами за обсягом є Франція, Іспанія та Велика Британія), вказує на чітку європейську стратегію культивування висококваліфікованої експертизи та лідерства у дослідженнях та інноваціях у секторі [9] (рис. 3).

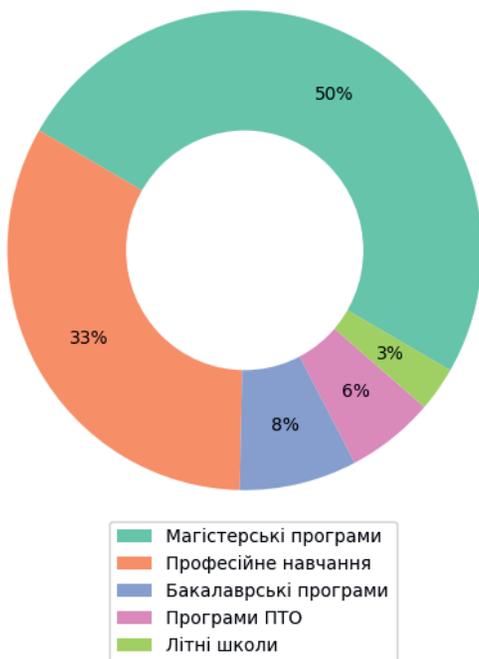


Рис. 2. Розподіл водневих програм за типом згідно зі статистикою ЄВО [9]

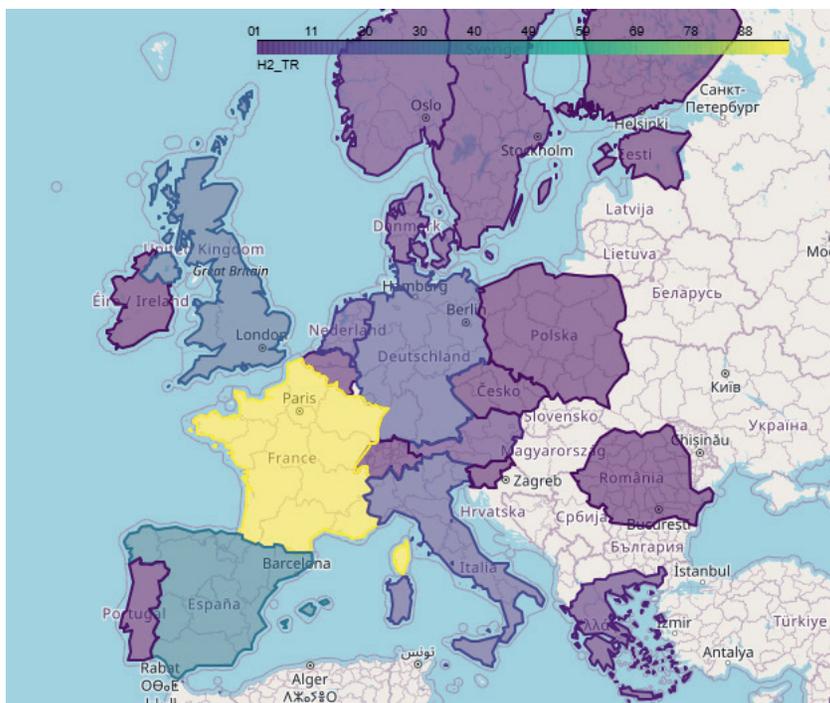


Рис. 3. Географічний розподіл водневих програм згідно зі статистикою ЄВО [9]

Навчальні плани цих програм, як-от магістерська програма «Водневі технології та економіка» в Інгольштадтському університеті (Німеччина), забезпечують поглиблене вивчення всього водневого ланцюга створення вартості – від виробництва та зберігання до транспортування і застосування [22]. Програма в Університеті Падуї пропонує поглиблені дослідження відновлюваних джерел та комбінованих установок [29]. Особливо ефективною моделлю є Школа IFP у Франції, яка інтегрує спеціалізовані, багатоденні модулі з водню в існуючі інженерні програми, наприклад, для силових агрегатів та енергетичних процесів [17]. Цей підхід свідчить, що формування нової, спеціалізованої робочої сили не обов'язково вимагає створення абсолютно нових факультетів, але може бути досягнуто шляхом розробки цільових концентрацій у межах потужних, існуючих кафедр хімічної та електротехнічної інженерії. Це є критично важливим уроком для українських ЗВО, як-от Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та Національний університет «Львівська політехніка», які вже мають добре налагоджені освітні програми у споріднених галузях [12].

#### *Професійно-технічна освіта (ПТО) та фахова передвища освіта (ФПВО)*

Професійно-технічна освіта та фахова передвища освіта визнається ключовим механізмом для подолання розриву між теоретичними знаннями та практичним застосуванням [9]. Заплановане створення 10 Центрів професійної досконалості в Україні до 2026 року є амбітною метою, яка безпосередньо узгоджується з акцентом ЄС на ПТО як рушійній силі повоєнного відновлення [11]. Європейські проекти, як-от H2CoVE та «Зелені навички для водню» (*Green Skills for Hydrogen*), надають чіткі моделі для цього розвитку, особливу увагу приділяючи підвищенню кваліфікації та перекваліфікації наявної робочої сили [28].

Наприклад, проєкт «Зелені навички для водню» розробив багаторівневий навчальний план для ПТО, адаптований для різних професійних профілів: курс для нетехнічних фахівців, другий – для технічних фахівців, і

третій – для операторів з безпеки та обслуговування. Цей прагматичний, проблемно-орієнтований підхід є високоефективним у підготовці працівників до швидкого масштабування водневих технологій.

Ключовим висновком з європейського досвіду є стратегічна важливість перекваліфікації працівників із суміжних енергетичних секторів, зокрема нафтогазової промисловості. Фундаментальні навички інженера газопроводу природного газу в таких сферах, як динаміка рідин, управління тиском та структурна цілісність, є такими, що можуть бути легко та повністю перенесені до водневого сектору [21]. Цим фахівцям не потрібно починати з нуля, їм необхідне цільове навчання унікальних властивостей водню, таких як його взаємодія з матеріалами для сприяння економічно ефективному та швидкому переходу, чітка ідентифікація у різниці між воднем та природним газом. Це усвідомлення фундаментально перетворює проблему робочої сили з необхідності створення на необхідність її стратегічної адаптації, що є особливо актуальним для повоєнного відновлення України.

#### *Післядипломна професійна освіта та сертифікація персоналу*

Курси післядипломної професійної освіти та галузевої сертифікації є останнім, критично важливим рівнем європейської тренінгової екосистеми, що гарантує відповідність робочої сили сучасним технологічним досягненням та регуляторним змінам. Такі організації, як Інститут відновлюваної енергетики (*Renewable Energy Institute*), пропонують професійні тренінги з низки тем – від управління водневими проєктами до основ водневої енергетики [23].

Для України прийняття стандартів, визнаних ЄС, є не лише технічною вимогою, але й стратегічним маневром. Як майбутній експортер до ЄС, український водень повинен бути сертифікований відповідно до жорстких критеріїв сталості та походження, визначених, наприклад, у Директиві з відновлюваної енергетики II (RED II) [6]. Органи сертифікації, як-от CertifHy, схема якого офіційно визнана Європейською Комісією, пропонують тренінгові програми для економічних операторів та сертифіка-

ційних органів для забезпечення відповідності та розблокування ринкової вартості [5]. Аналогічно Стандарт TÜV Rheinland H2.21 надає сертифікацію відновлюваного та низьковуглецевого водню, посилюючи його екологічні переваги [26]. Отже, успішна українська освітня рамка повинна не лише навчати технічних навичок, але й інтегрувати модулі із цих специфічних регуляцій ЄС та процесів сертифікації, безпосередньо пов'язуючи кваліфікацію фахівця з комерційною життєздатністю проєктів, до реалізації яких планується його залучення.

### **Технічне підґрунтя та необхідні компетенції в ланцюгу створення вартості водню**

#### *Виробництво (Upstream) та пов'язані навички*

Стратегія України щодо водню зосереджена на виробництві «зеленого» водню методом електролізу – процесу, який розділяє воду на водень і кисень за допомогою відновлюваної електроенергії [13]. Цей процес, а також інші методи виробництва вимагають унікального поєднання інженерних та технічних навичок.

Для виробництва «зеленого» водню необхідна експертиза (компетентності та навички) у таких сферах:

- хімічна інженерія: глибоке розуміння електрохімії має вирішальне значення для оптимізації ефективності та безпеки роботи електролізерів [8];

- механічна та електрична інженерія: ці навички необхідні для проєктування, встановлення та інтеграції водневих систем, включно з паливними елементами та електролізерами, з існуючою механічною інфраструктурою та електричною мережею [8];

- матеріалознавство: компетентність у цій галузі є життєво важливою для вибору відповідних матеріалів для компонентів електролізерів та накопичувальних резервуарів, що забезпечує довговічність і безпеку [8];

- системи автоматизації та контролю: ефективна експлуатація об'єктів виробництва водню, особливо тих, що інтегровані з перервними джерелами відновлюваної енергії (сонячна та вітрова), вимагає ґрунтового володіння засобами автоматизації, сенсорами та цифровими системами контролю для дистанційного моніторингу й оптимізації [21].

#### *Зберігання, транспортування та кінцеве використання (Downstream)*

Після виробництва водень повинен бути збережений і транспортований, що створює окремий набір викликів через його низьку об'ємну густину енергії [27]. План України щодо перепрофілювання її розгалуженої газотранспортної системи (ГТС) для експорту водню є центральним елементом її стратегії та джерелом як можливостей, так і ризиків [4].

Основною технічною проблемою у перепрофілюванні наявних трубопроводів є водневе окрихчення (розтріскування). Це явище, яке виникає, коли водень взаємодіє зі сталлю трубопроводу, може прискорити утворення тріщин і значно скоротити термін експлуатації трубопроводу [2; 24]. Хоча дослідження припускають, що внутрішнє покриття або безперервний моніторинг за допомогою волоконної оптики можуть пом'якшити цей ризик, це залишається критичним чинником занепокоєння, особливо для старіших трубопроводів, споруджених у період 1960–1970 років.

Спеціалізовані навички, необхідні для безпечного та ефективного транспортування і зберігання водню, включають:

- матеріалознавство: експертиза щодо того, як водень взаємодіє з різними матеріалами, зокрема сталевими сплавами, є обов'язковою для перепрофілювання трубопроводів [2];

- динаміка рідин та управління тиском: розуміння поведінки рідин та систем тиску є важливими для управління потоком водню як у резервуарах для зберігання під високим тиском, так і в перепрофілюваних трубопроводах [27];

- спеціалізовані технічні функції: до цього відносять кваліфікованих техніків для обслуговування резервуарів високого тиску та заправних станцій, а також інженерів зі специфічними знаннями з неруйнівного контролю та зниження ризиків для трубопровідної інфраструктури [27].

Життєздатність експортної стратегії України залежить від успішного вирішення проблеми водневого окрихчення (розтріскування). Ця технічна проблема підкреслює необхідність у вузькоспеціалізованому, нішевому наборі навичок серед українських інженерів-трубопровідників, що виходить

за межі загальних інженерних принципів. Успіх експортних амбіцій України залежатиме від здатності країни розвинути робочу силу саме з цими точними знаннями.

#### *Наскрізнi компетенції*

Окрім технічних навичок, специфічних для кожного сегмента ланцюга створення вартості, низка компетенцій є суттєвою для всіх ролей:

– безпека та дотримання норм: з огляду на високу займистість, іскробезпеку і летючість водню, всебічне розуміння протоколів безпеки, включно з виявленням витоків, вентиляцією та реагуванням на надзвичайні ситуації, є першочерговими [8];

– управління проектами та ланцюгом постачання: успішна реалізація великомасштабних водневих проєктів, від долин у Рені та Закарпатті до СЕНС, вимагає фахівців, кваліфікованих у плануванні проєктів, фінансовому управлінні, логістиці ланцюга постачання та координації стейкхолдерів [8].

У таблиці 1 синтезовано необхідні навички відповідно до ланцюга створення вартості водню.

#### **Пропонована рамка кваліфікацій та компетенцій для України**

На підставі аналізу європейських моделей та специфічних технічних вимог водневого сектору України пропонується рівнева рамка кваліфікацій. Ця рамка використовує наявну освітню інфраструктуру країни та розроблена для створення потоку талантів від операторів початкового рівня до дослідників високого рівня.

#### *Рівень 1: Техніки ПТО та кваліфіковані оператори*

Цей рівень формує операційний стрижень галузі. Мета його функціонування полягає у створенні кваліфікованої робо-

Таблиця 1

#### **Ключові навички, відображені в ланцюгу створення вартості водню в Україні**

Сегмент ланцюга вартості	Домінуюча технологія	Технічний виклик	Необхідні навички	Приклади посад
Виробництво (Upstream)	«Зелений» водень (електроліз)	Інтеграція з перервними відновлювальними джерелами; оптимізація електрохімічного процесу	Хімічна інженерія; Електрична інженерія; Електрохімія; Управління процесами; Автоматизація; Інтеграція цифрових систем	Інженер-хімік; Інженер-електрик; Технік з електролізерів; Інженер-технолог
Транспортування (Downstream)	Перепрофілювання ГТС	Водневе окрихчення (розтріскування); цілісність трубопроводу та адаптація компонентів	Матеріалознавство; Динаміка рідин; Неруйнівний контроль; Управління ризиками; Трубопроводна інженерія	Інженер-трубопровідник; Фахівець із матеріалознавства; Спеціаліст із безпеки та відповідності
Використання та зберігання (Downstream)	Резервуари високого тиску, підземне зберігання	Низька об'ємна густина; високий тиск та управління криогенними температурами; безпека	Механічна інженерія; Матеріалознавство; Протоколи безпеки; Криогеніка; Будівельна інженерія	Інженер-механік; Менеджер з експлуатації сховища; Технік з обслуговування
Наскрізнi	Усі технології та процеси	Забезпечення життєздатності та безпеки проєкту	Управління проєктами; Фінансове планування; Логістика ланцюга постачання; Експертиза у сфері охорони праці та безпеки; Дотримання нормативних вимог	Керівник проєкту; Фінансовий аналітик; Менеджер ланцюга постачання; Менеджер з безпеки та відповідності

чої сили, орієнтованої на практику, здатної виконувати монтаж, експлуатацію та обслуговування водневих систем [12].

Цільова аудиторія: випускники шкіл, демобілізовані ветерани та працівники із суміжних галузей (наприклад, сонячна енергетика, традиційна енергетика), які прагнуть перекваліфікації.

Освітня траєкторія: заклади професійно-технічної та фахової передвищої освіти. Заплановані Центри професійної досконалості (CoVE) можуть слугувати відповідним інституційним інструментом для цього навчання. Курси мають бути короткостроковими, орієнтованими на результат та пропонувати мікрокваліфікації (мікронавички) для підтвердження компетенцій – модель, підтримувана ЄТФ (Європейським тренінговим фондом) та Європейською Комісією [11].

Очікувані рівні кваліфікацій: 4 та 5 за Європейською (EQF) та Національною рамкою кваліфікацій (НРК).

Змістове наповнення пропонованого навчального плану:

- **Обов'язкові освітні компоненти:** основи водню, протоколи безпеки та реагування на надзвичайні ситуації, зберігання та поводження з воднем, діагностика водневих систем [12]

- **Можливі освітні траєкторії за спеціалізаціями:** технік з електролізерів (фокус на електрохімії та електричних системах), технік з водневої інфраструктури (фокус на трубопроводах, управлінні тиском та виявленні витоків) та технік з паливних елементів (фокус на обслуговуванні та усуненні несправностей систем кінцевого використання) [24].

*Рівень 2: Інженери та фахівці з вищою освітою*

Цей рівень відповідає за проектування, розробку та управління проектами водневої енергетичної інфраструктури. Цей рівень кваліфікації вимагає глибшого теоретичного та аналітичного підґрунтя.

Цільова аудиторія: студенти інженерних, хімічних та енергетичних спеціальностей, а також фахівці, які прагнуть перейти у водневий сектор.

Освітня траєкторія: заклади вищої освіти у межах ліцензованого обсягу.

Очікувані рівні кваліфікацій: 6 та 7 за Європейською (EQF) та Національною рамкою кваліфікацій (НРК).

Змістове наповнення пропонованого навчального плану:

- **Бакалаврський рівень:** освітні програми з хімічної, механічної чи електротехнічної інженерії, з обов'язковим вступним модулем про водневу енергетику та її застосування.

- **Магістерський рівень:** розробка спеціалізованих програм або концентрація у межах існуючих програм на комплексних темах. Можливі назви освітніх програм за аналогами з ЄС, наприклад: «Інженерія водневих систем» з модулями з електрохімії та інтеграції відновлюваної енергії, а також «Транспортування та зберігання водню» з поглибленим вивченням перепрофілювання трубопроводів та зниження ризику водневого окрихнення (розтріскування) [22].

*Рівень 3: Дослідники та радники з питань розробки політик*

Цей рівень є рушійною силою інновацій у секторі та формує його регуляторне середовище з урахуванням світових та європейських тенденцій, чинних обмежень української законодавчої та технічної інфраструктури.

Цільова аудиторія: аспіранти, академічні фахівці та державні службовці.

Освітня траєкторія: спільні програми у співпраці між провідними українськими ЗВО, національними науково-дослідними інститутами та міжнародними партнерами.

Очікувані рівні кваліфікацій: 8 за Європейською (EQF) та Національною рамкою кваліфікацій (НРК).

Змістове наповнення пропонованого навчального плану:

- **PhD програми (доктора філософії):** дослідження, зосереджені на передових матеріалах для зберігання водню, техніко-економічному моделюванні ланцюга створення вартості водню та оптимізації систем виробництва.

- **Післядипломна професійна освіта:** сертифікатні курси з регуляторних норм ЄС щодо водню (наприклад, схеми CertifHy та TÜV Rheinland), аналізу міжнародного ринку та стратегічного фінансування проектів [23].

Таблиця 2 містить узагальнену структуру запропонованої рамки кваліфікацій для української водневої промисловості. Орієнтовний перелік спеціальностей, які

можуть слугувати підґрунтям для розвитку запропонованих освітніх продуктів (відповідно до чинного переліку) [1] подано у таблиці 3.

Таблиця 2

**Рамки кваліфікацій для розгортання водневої промисловості в Україні**

Рівень кваліфікації (EQF, НРК)	Освітні траєкторії, способи здобуття	Основна функція	Ключові компетенції (Приклади)
Рівні 4 та 5	Заклади професійно-технічної та фахової передвищої освіти, мікрокваліфікації	Експлуатація, обслуговування, встановлення, діагностика	Протоколи безпеки водню, зберігання та поводження, електротехнічні системи, зварювання та монтаж
Рівні 6 та 7	Бакалаврські програми (основи), магістерські програми (спеціалізація)	Проектування інфраструктури, інженерне проектування, управління проектами	Електрохімія, інтеграція відновлювальних джерел енергії, трубопровідна інженерія, неруйнівний контроль, динаміка рідин та газів, перепрофілювання існуючої інфраструктури
Рівень 8	Докторські програми, сертифікатні програми	Менеджмент інновацій, формування політик (національних, регіональних, галузевих), стратегічне управління	Управління ризиками, економічне моделювання, міжнародна сертифікація (RED II), сучасне матеріалознавство

Таблиця 3

**Базові спеціальності для розвитку водневої освіти**

№	Шифр, найменування галузі знань	Код та найменування спеціальності	Рівні кваліфікацій відповідно до запропонованої рамки (таблиця 2)	
1	С Соціальні науки, журналістика, інформація та міжнародні відносини	C1 Економіка та міжнародні економічні відносини (за спеціалізаціями)	7, 8	
2	D Бізнес, адміністрування та право	D3 Менеджмент	6-8	
3		D4 Публічне управління та адміністрування	6-8	
4	E Природничі науки, математика та статистика	E3 Хімія	6-8	
5		E6 Прикладна фізика та наноматеріали	6-8	
6		G1 Хімічні технології та інженерія	4-8	
7		G3 Електрична інженерія	4-8	
8		G4 Енерговиробництво (за спеціалізацією)	4-8	
9		G6 Інформаційно-вимірювальні технології	4-8	
10		G Інженерія, виробництво та будівництво	G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка	4-8
11			G8 Матеріалознавство	4-8
12			G9 Прикладна механіка	4-8
13	G16 Гірництво та нафтогазові технології		4-8	
14	G19 Будівництво та цивільна інженерія		4-8	
15	J Транспорт та послуги	J5 Морський та внутрішній водний транспорт	4-8	
16		J6 Авіаційний транспорт	4-8	
17		J7 Залізничний транспорт	4-8	
18		J8 Автомобільний транспорт	4-8	

### **Перспективи інтеграції запропонованої рамки кваліфікацій для водневої індустрії в сучасних умовах України**

Успіх рамки кваліфікації для водневої промисловості залежить від її стратегічної інтеграції з наявними активами України та її узгодження з міжнародними партнерами.

*Використання наявних освітніх та промислових активів*

Замість того, щоб будувати нову систему «з нуля», найбільш ефективним підходом для України є стратегічна адаптація поточної освітньої та енергетичної інфраструктури. Україна вже має міцну основу в хімічній та електротехнічній інженерії, а кафедри великих університетів вже проводять дослідження у суміжних сферах, зокрема, щодо проектування та застосування усіх можливих систем відновлювальної енергетики [18]. Запропонована рамка передбачає використання цих сильних сторін шляхом інтеграції спеціалізованих водневих модулів в існуючі навчальні плани, віддзеркалюючи успішну модель, помічену у Школі IFP у Франції [17]. Заплановані Центри професійної досконалості (CoVE), які підтримуються Європейським тренінговим фондом (ЄТФ), є ідеальним інструментом для впровадження рамки Рівня 1, оскільки їх можна спеціально моделювати на основі успішних європейських проєктів ПТО та ФПВО [11].

*Роль міжнародної співпраці та фінансування*

Модернізація системи ПТО та ФПВО України є ключовим компонентом її процесу вступу до ЄС [11]. Це забезпечує потужний стимул для узгодження її освітніх стандартів зі стандартами ЄС. Існуючі численні партнерства у рамках проєктів H2CoVE, LuxHyVal та SH2AMROCK, СЕНС та ін. демонструють готовність міжнародних партнерів підтримувати енергетичний перехід України, сприяти розвитку української водневої індустрії.

Освіта та навчання нової робочої сили є критичною стратегічною інвестицією для міжнародних партнерів, оскільки це безпосередньо знижує ризики їхніх потенційних фінансових зобов'язань щодо фізичної інфраструктури. Дослідження показують, що

відсутність кваліфікованої робочої сили є «критичною перешкодою» для економіки «зеленого» водню [21]. Тому фінансування освітніх ініціатив, як-от надане програмою InnovateUkraine від Великої Британії для вивчення проєкту в Рені, є не просто грантом, а стратегічним заходом для подолання прірви у навичках [3].

Шляхом формалізації рамки кваліфікацій, узгодженої зі стандартами ЄС, Україна може достовірно продемонструвати інвесторам, що вона систематично долає цей ключовий ризик, тим самим розблоковуючи додатковий капітал для своїх амбітних проєктів та полегшуючи свою інтеграцію до ширшого європейського енергетичного ринку. Формалізація партнерства з освітніми та дослідницькими органами ЄС, як-от Hydrogen Europe Research, може сприяти ключовому обміну навчальними планами, навчанню викладачів та мобільності студентів і експертів [15].

### **Висновки та рекомендації**

Рекомендації щодо наступних кроків для різних груп для стейкхолдерів.

Для Уряду України:

- пріоритетність розвитку ПТО та ФПВО: прискорити створення Центрів професійної досконалості до 2027 року, формуючи їхні навчальні програми на основі проєктів «Green Skills for Hydrogen» та HyResponder [16] для забезпечення фокусу на практичних навичках та безпеці.

- інтеграція водню до існуючих переліків спеціальностей: інтегрувати воднево-специфічні групи компетенцій та програмних результатів навчання під час перегляду стандартів вищої освіти за спеціальностями та рівнями кваліфікації (таблиця 3).

- розроблення професійних стандартів у рамках функціонування Національного агентства кваліфікацій з огляду на досвід реалізації успішних сертифікатних програм, пов'язаних з воднем (таких як CertifHy та TÜV Rheinland) для полегшення доступу українських фахівців та продуктів до ринку ЄС.

Для закладів освіти та дослідницьких установ:

- сприяння міжнародному партнерству: активно шукати грантового фінансування

спільно із університетами та дослідницькими організаціями ЄС для спільної розробки навчальних планів, сприяння обміну викладачами та уможливлення програм мобільності студентів

- інвестування у спеціалізовані лабораторії: виділяти ресурси на розвиток практичних лабораторних та симуляційних об'єктів як у центрах ПТО/ФПВО, так і в університетах, зосереджуючись на виробництві, зберіганні та трубопровідних системах водню для забезпечення практичної підготовки.

Для української промисловості:

- залучення до державно-приватного партнерства: співпрацювати з центрами ПТО/ФПВО та університетами для визначення конкретних потреб у навичках та надання реальних можливостей для навчання на робочому місці студентам та фахівцям, що перекваліфіковуються;

- просування стандартів: працювати з урядом та освітніми установами для забезпечення того, щоб усі рамки навчання та кваліфікацій були безпосередньо узгоджені зі стандартами ЄС та вимогами до сертифікації, тим самим гарантуючи комерційну життєздатність майбутніх водневих проєктів.

Розвиток водневої промисловості України ґрунтується на двох фундаментальних стовпах: розвитку водневої енергетичної інфраструктури разом з успішним перепро-

філюванням її газотранспортної системи для експорту та культивуванні висококваліфікованої робочої сили для управління цим переходом. Європейський досвід надає чітку дорожню карту, демонструючи багаторівневу освітню модель, що віддає пріоритет просунутим академічним програмам для досліджень і розробок, прагматичному ПТО та ФПВО для оперативних ролей та безперервному професійному навчанню для дотримання нормативних вимог та доступу до ринку. Єдиним найбільшим технічним викликом, що стоїть перед експортною стратегією України, є ризик водневого окрихчення у її застарілій трубопровідній інфраструктурі – ризик, подолання якого вимагає високоспеціалізованого набору навичок у матеріалознавстві та трубопровідній інженерії.

Успішний перехід до економіки «зеленого» водню в Україні – це більше, ніж технологічний чи економічний виклик; це людський виклик. Стратегічний розвиток надійної та адаптованої рамки людського капіталу є засадничим елементом бачення держави щодо стійкого, енергетично безпечного та процвітаючого майбутнього. Шляхом систематичної підготовки нового покоління фахівців із навичками, необхідними для відповіді на все нові складнощі ланцюга створення вартості водню, Україна може перетворити своє амбітне стратегічне бачення на реальність.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої та фахової передвищої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 29.04.2015 № 266. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-%D0%BF#n11>
2. **Al-Borno, A., Li, Y., Islam, M., Rogozinski, J., & Mistry, J.** (2022). Using Coatings to Mitigate Hydrogen Embrittlement in Pipelines. *Materials Performance*, 61, 36–40.
3. **Blanco, H.** (2025). *Unlocking Ukraine's Hydrogen Opportunity: A Roadmap*. Retrieved September 05, 2025, from International Energy Agency: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/c44e4ec9-784f-48dc-945b-459416d3acd2/UnlockingUkrainesHydrogenOpportunity\\_ARoadmap.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/c44e4ec9-784f-48dc-945b-459416d3acd2/UnlockingUkrainesHydrogenOpportunity_ARoadmap.pdf)
4. Central European Hydrogen Corridor. (n.d.) Retrieved September 05, 2025, from <https://www.cehc.eu/>
5. *CertifHy*. (n.d.). Retrieved September 23, 2025, from <https://www.certifhy.eu/>
6. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). *Official Journal of the European Union*, L 328/82.

7. Energy and Power Group. (n.d.). *Strategic Hydrogen Integration for Effective Low-carbon Development*. Retrieved September 10, 2025, from <https://epg.eng.ox.ac.uk/shield/about-the-project>

8. Enginuity. (n.d.). *What skills might you need?* Retrieved October 3, 2025, from <https://enginuity.org/tools-and-resources/tech-explained/future-skills-hub/demystifying-hydrogen/what-skills-might-you-need>

9. European Hydrogen Observatory. (2025). *The hydrogen education and research landscape*. Retrieved October 28, 2025, from <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/sites/default/files/2024-10/Report%2003%20-%20The%20European%20hydrogen%20education%20and%20research%20landscape.pdf>

10. European Hydrogen Observatory. (n.d.). *Observatory Reports*. Retrieved September 13, 2025, from [https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/tools-reports/observatory-reports?keys=education&created=&year=&items\\_per\\_page=10](https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/tools-reports/observatory-reports?keys=education&created=&year=&items_per_page=10)

11. European Training Foundation. (2025). *Three years of war: Ukraine's resilience, Europe's support, and the future of skills and employment*. Retrieved September 05, 2025, from <https://www.etf.europa.eu/en/news-and-events/news/three-years-war-ukraines-resilience-europes-support-and-future-skills-and>

12. Ferrero, D., & Santarelli, M. (2024). *Hydrogen Skills Core VET Curriculum*. Retrieved September 10, 2025, from Green Skills for Hydrogen: <https://greenskillsforhydrogen.eu/wp-content/uploads/2024/03/D3.1-Green-Skills-for-Hydrogen-Hydrogen-Skills-Core-VET-Curriculum.pdf>

13. Green Hydrogen Organisation. (n.d.). *Ukraine*. Retrieved September 05, 2025, from <https://gh2.org/countries/ukraine>

14. Hydrogen Centres of Vocational Excellence. (n.d.). Retrieved September 05, 2025, from <https://h2cove.eu/>

15. Hydrogen Europe Research. (n.d.). *EU Projects*. Retrieved October 17, 2025, from <https://hydrogeneuroperesearch.eu/projects/>

16. HyResponder. (n.d.). *European Hydrogen Train the Trainer Programme for Responders*. Retrieved October 17, 2025, from <https://hyresponder.eu/>

17. IFP School. (n.d.). *Hydrogen skills*. Retrieved September 13, 2025, from <https://www.ifp-school.com/en/about-us/why-choose-our-school/hydrogen-skills>

18. Kyiv National University of Technologies and Design. (n.d.). *Department of Chemical Technologies and Resource Saving*. Retrieved October 14, 2025, from <https://en.knutd.edu.ua/university/faculties/fcht/aetpcf/>

19. Luxembourg Hydrogen Valley. (n.d.). Retrieved September 05, 2025, from <https://luxhyval.eu/>

20. SH2AMROCK. (n.d.). Retrieved September 05, 2025, from <https://www.sh2amrock.eu/>

21. Sustainability Directory. (2025). *Green Hydrogen Skills Gap Future Workforce*. Retrieved September 19, 2025, from <https://prism.sustainability-directory.com/scenario/green-hydrogen-skills-gap-future-workforce/>

22. Technische Hochschule Ingolstadt. (n.d.). *Hydrogen Technologies and Economics (M. Eng.)*. Retrieved September 14, 2025, from <https://www.thi.de/en/electrical-engineering-and-information-technology/degree-programmes/mechanical-engineering/degree-programmes/hydrogen-technologies-and-economics-meng/>

23. The CPD Certification Service. (n.d.). *Hydrogen Energy – Online course*. Retrieved September 6, 2025, from <https://www.cpduk.co.uk/courses/european-energy-centre-hydrogen-energy>

24. Topolski, K., Reznicek, E. P., Erdener, B. C., San Marchi, C. W., Ronevich, J. A., Fring, L., ... Chung, M. (2022). *Hydrogen Blending into Natural Gas Pipeline Infrastructure: Review of the State of Technology*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. Retrieved September 6, 2025 from <https://docs.nrel.gov/docs/fy23osti/81704.pdf>

25. Tyquin, E., Newton, C., Mehta, A., & Brodie, A. (2021). *Mapping of Key Stakeholders in Hydrogen & LNG Supply Chains*. Crawley, WA: Future Energy Exports CRC.

26. TÜV Rheinland. (n.d.). *Green hydrogen certification*. Retrieved September 28, 2025, from <https://www.tuv.com/landingpage/en/hydrogen-technology/main-navigation/certification/certification-of-green-hydrogen/>

27. TÜV SÜD. (n.d.). *Hydrogen Storage Methods*. Retrieved October 3, 2025, from <https://www.tuvsud.com/en-us/themes/hydrogen/explore-the-hydrogen-value-chain/hydrogen-storage-and-distribution>

28. Ukrainian Hydrogen Council. (n.d.). *Achievements*. Retrieved September 05, 2025, from <https://hydrogen.ua/en/about-association/achievements>

29. University of Padua. (n.d.). *Energy Engineering*. Retrieved September 13, 2025, from <https://apply.unipd.it/courses/course/50-energy-engineering>

## REFERENCES

1. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy №266 vid 29.04.2015 Pro zatverdzhennia per-eliku haluzei znan i spetsialnostei, za yakomy zdiisnuietsia pidhotovka zdobuvachiv vyshchoi ta fakhovoi peredvyshchoi osvity [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 266 dated 29.04.2015 On approval of the list of fields of knowledge and specialties for which higher and pre-higher professional education is provided]. Retrieved October 14, 2025, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-%D0%BF#n11>

2. **Al-Borno, A., Li, Y., Islam, M., Rogozinski, J., & Mistry, J.** (2022). Using Coatings to Mitigate Hydrogen Embrittlement in Pipelines. *Materials Performance*, 61, 36–40.

3. **Blanco, H.** (2025). *Unlocking Ukraine's Hydrogen Opportunity: A Roadmap*. Retrieved September 05, 2025, from International Energy Agency: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/c44e4ec9-784f-48dc-945b-459416d3acd2/UnlockingUkrainesHydrogenOpportunity\\_ARoadmap.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/c44e4ec9-784f-48dc-945b-459416d3acd2/UnlockingUkrainesHydrogenOpportunity_ARoadmap.pdf)

4. Central European Hydrogen Corridor. (n.d.) Retrieved September 05, 2025, from <https://www.cehc.eu/>

5. CertifHy. (n.d.). Retrieved September 23, 2025, from <https://www.certifyhy.eu/>

6. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast). *Official Journal of the European Union*, L 328/82.

7. Energy and Power Group. (n.d.). *Strategic Hydrogen Integration for Effective Low-carbon Development*. Retrieved September 10, 2025, from <https://epg.eng.ox.ac.uk/shield/about-the-project>

8. Enginuity. (n.d.). *What skills might you need?* Retrieved October 3, 2025, from <https://enginuity.org/tools-and-resources/tech-explained/future-skills-hub/demystifying-hydrogen/what-skills-might-you-need>

9. European Hydrogen Observatory. (2025). *The hydrogen education and research landscape*. Retrieved October 28, 2025, from <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/sites/default/files/2024-10/Report%2003%20-%20The%20European%20hydrogen%20education%20and%20research%20landscape.pdf>

10. European Hydrogen Observatory. (n.d.). *Observatory Reports*. Retrieved September 13, 2025, from [https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/tools-reports/observatory-reports?keys=education&created=&year=&items\\_per\\_page=10](https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/tools-reports/observatory-reports?keys=education&created=&year=&items_per_page=10)

11. European Training Foundation. (2025). *Three years of war: Ukraine's resilience, Europe's support, and the future of skills and employment*. Retrieved September 05, 2025, from <https://www.etf.europa.eu/en/news-and-events/news/three-years-war-ukraines-resilience-europes-support-and-future-skills-and>

12. **Ferrero, D., & Santarelli, M.** (2024). *Hydrogen Skills Core VET Curriculum*. Retrieved September 10, 2025, from Green Skills for Hydrogen: <https://greenskillsforhydrogen.eu/wp-content/uploads/2024/03/D3.1-Green-Skills-for-Hydrogen-Hydrogen-Skills-Core-VET-Curriculum.pdf>

13. Green Hydrogen Organisation. (n.d.). *Ukraine*. Retrieved September 05, 2025, from <https://gh2.org/countries/ukraine>
14. Hydrogen Centres of Vocational Excellence. (n.d.). Retrieved September 05, 2025, from <https://h2cove.eu/>
15. Hydrogen Europe Research. (n.d.). *EU Projects*. Retrieved October 17, 2025, from <https://hydrogeneurope-research.eu/projects/>
16. HyResponder. (n.d.). *European Hydrogen Train the Trainer Programme for Responders*. Retrieved October 17, 2025, from <https://hyresponder.eu/>
17. IFP School. (n.d.). *Hydrogen skills*. Retrieved September 13, 2025, from <https://www.ifp-school.com/en/about-us/why-choose-our-school/hydrogen-skills>
18. Kyiv National University of Technologies and Design. (n.d.). *Department of Chemical Technologies and Resource Saving*. Retrieved October 14, 2025, from <https://en.knutd.edu.ua/university/faculties/fcht/aetpcf/>
19. Luxembourg Hydrogen Valley. (n.d.). Retrieved September 05, 2025, from <https://luxhyval.eu/>
20. SH2AMROCK. (n.d.). Retrieved September 05, 2025, from <https://www.sh2amrock.eu/>
21. Sustainability Directory. (2025). *Green Hydrogen Skills Gap Future Workforce*. Retrieved September 19, 2025, from <https://prism.sustainability-directory.com/scenario/green-hydrogen-skills-gap-future-workforce/>
22. Technische Hochschule Ingolstadt. (n.d.). *Hydrogen Technologies and Economics (M. Eng.)*. Retrieved September 14, 2025, from <https://www.thi.de/en/electrical-engineering-and-information-technology/degree-programmes/mechanical-engineering/degree-programmes/hydrogen-technologies-and-economics-meng/>
23. The CPD Certification Service. (n.d.). *Hydrogen Energy – Online course*. Retrieved September 6, 2025, from <https://www.cpd.uk.co.uk/courses/european-energy-centre-hydrogen-energy>
24. **Topolski, K., Reznicek, E. P., Erdener, B. C., San Marchi, C. W., Ronevich, J. A., Fring, L., ... Chung, M.** (2022). *Hydrogen Blending into Natural Gas Pipeline Infrastructure: Review of the State of Technology*. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. Retrieved September 6, 2025 from <https://docs.nrel.gov/docs/fy23osti/81704.pdf>
25. **Tyquin, E., Newton, C., Mehta, A., & Brodie, A.** (2021). *Mapping of Key Stakeholders in Hydrogen & LNG Supply Chains*. Crawley, WA: Future Energy Exports CRC.
26. TÜV Rheinland. (n.d.). *Green hydrogen certification*. Retrieved September 28, 2025, from <https://www.tuv.com/landingpage/en/hydrogen-technology/main-navigation/certification/certification-of-green-hydrogen/>
27. TÜV SÜD. (n.d.). *Hydrogen Storage Methods*. Retrieved October 3, 2025, from <https://www.tuvsud.com/en-us/themes/hydrogen/explore-the-hydrogen-value-chain/hydrogen-storage-and-distribution>
28. Ukrainian Hydrogen Council. (n.d.). *Achievements*. Retrieved September 05, 2025, from <https://hydrogen.ua/en/about-association/achievements>
29. University of Padua. (n.d.). *Energy Engineering*. Retrieved September 13, 2025, from <https://apply.unipd.it/courses/course/50-energy-engineering>



Дата першого надходження статті до видання: 20.11.2025  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 16.12.2025  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.12.2025