

Актуальні питання нафтогазової галузі

УДК 338.4+ 622.24

DOI: 10.31471/1993-9973-2021-4(81)-7-15

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ІНТЕГРАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В НАФТОГАЗОВУ ПРОМИСЛОВІСТЬ

О. В. Паневник

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; тел.(0342) 727101;
e-mail: o.v.panevnik@gmail.com*

Сучасний енергоринок відзначається трансформацією нафтогазових компаній в напрямку декарбонізації світової енергетики. Нафтогазова галузь диверсифікує напрямки своєї діяльності шляхом поєднання в єдиній організаційній структурі технологій традиційної та відновлюваної енергетики. Нафтогазові компанії інвестують значні кошти у відновлювані джерела енергії. Приводом одного і того ж обладнання як за допомогою відновлюваних джерел енергії, так і шляхом спалювання традиційних вуглеводнів дозволяє залучити переваги та мінімізувати окремі недоліки застосування обох напрямків виробництва енергії. Наявність значного досвіду, розвиненої інфраструктури та кваліфікованих трудових ресурсів дає змогу використовувати обладнання відновлюваної енергетики на нафтогазоносних ділянках існуючих компаній. Інтеграція технологій відновлюваної генерації в нафту та газ є одним із способів задовольнити зростаючий попит на енергію при одночасному зменшенні забруднення навколишнього середовища. Сучасна нафтогазова галузь відзначається застосуванням сонячних фотоелектричних систем, вітрогенераторів, концентраторів сонячної та геотермальної енергії, біопалива. Використання джерел відновлюваної енергії сприяє підвищенню енергоефективності реалізації процесів буріння свердловин, нафтогазовидобутку, методів інтенсифікації нафтогазовилучення та нафтопереробки. Український нафтогазовий сектор планує розширювати присутність на ринку відновлюваної енергетики шляхом виробництва біогазу та водню і залученням для їх транспортування існуючої газотранспортної системи. Зважаючи на світові тенденції декарбонізації економіки можна прогнозувати поступову трансформацію нафтогазових компаній в енергетичні.

Ключові слова: декарбонізація економіки, нафтогазові компанії, відновлювальна енергетика, трансформація енергоринку.

Современный энергорынок отличается трансформацией нефтегазовых компаний в направлении декарбонизации мировой энергетики. Нефтегазовая отрасль диверсифицирует направления своей деятельности путем совмещения в единой организационной структуре технологий традиционной и возобновляемой энергетики. Нефтегазовые компании инвестируют значительные средства в возобновляемые источники энергии. Приводом одного и того же оборудования как с помощью возобновляемых источников энергии, так и с сжиганием традиционных углеводородов позволяет использовать преимущества и минимизировать отдельные недостатки применения обоих направлений производства энергии. Наличие большого опыта, развитой инфраструктуры и квалифицированных трудовых ресурсов позволяет использовать оборудование возобновляемой энергетики на нефтегазоносных участках существующих компаний. Интеграция технологий возобновляемой генерации в нефть и газ является одним из способов удовлетворить растущий спрос на энергию при одновременном уменьшении загрязнения окружающей среды. Современная нефтегазовая отрасль отличается применением солнечных фотоэлектрических систем, ветрогенераторов, концентраторов солнечной и геотермальной энергии, биотоплива. Использование источников возобновляемой энергии

способствует повышению энергоэффективности реализации процессов бурения скважин, нефтегазодобычи, методов интенсификации нефтегазоизвлечения и нефтепереработки. Украинский нефтегазовый сектор планирует расширять присутствие на рынке возобновляемой энергетики путем производства биогаза и водорода с привлечением для их транспортировки существующей газотранспортной системы. Учитывая мировые тенденции декарбонизации экономики, можно прогнозировать постепенную трансформацию нефтегазовых компаний в энергетические.

Ключевые слова: декарбонизация экономики, нефтегазовые компании, возобновляемая энергетика, трансформация энергорынка.

The modern energy market is characterized by the transformation of oil and gas companies in the direction of world energy decarbonization. The oil and gas industry diversifies its activities by combining traditional and renewable energy technologies in a single organizational structure. Oil and gas companies are investing heavily in renewable energy. The drive of the same equipment both with the help of renewable energy sources and by burning traditional hydrocarbons allows attracting the advantages and minimizing the individual disadvantages of using both directions of energy production. The presence of significant experience, developed infrastructure and skilled labor resources allows the renewable energy equipment use in the oil and gas fields of existing companies. The integration of renewable generation technologies into oil and gas is one way to meet the growing demand for energy while reducing environmental pollution. The modern oil and gas industry is characterized by the use of solar photovoltaic systems, wind turbines, concentrators of solar and geothermal energy, biofuels. The use of renewable energy sources contributes to improving the energy efficiency of well drilling, oil and gas production, methods of intensification of oil and gas production and refining. The Ukrainian oil and gas sector plans to expand its presence in the renewable energy market by producing biogas and hydrogen and attracting the existing gas transmission system for their transportation. Given the global trends of the economy decarbonization, one can predict the gradual transformation of oil and gas companies into energy ones.

Key words: economy decarbonization, oil and gas companies, renewable energy, energy market transformation.

Постановка проблеми

Дослідженням структури світового енергетичного ринку встановлено, що досягнення сталого розвитку держави потребує відходу від традиційних шляхів, ресурсів та заходів реагування до проблем зокрема оперативного втручання в разі зміни ринкової кон'юнктури. Використання нетрадиційних енергоресурсів може мати визначальний вплив на енергетичну безпеку країн. На початковій стадії розвитку нафтогазової промисловості всі транснаціональні нафтові компанії мали в своєму складі бурові, нафтогазовидобувні, ремонтні та інші підрозділи. У 50-х роках минулого століття розпочався процес виділення сервісних компаній в окремі структури, оскільки виявилось, що в умовах конкуренції залучення сторонніх підприємств для здійснення окремих видів робіт є ефективнішим, ніж утримання власних сервісних підрозділів [1]. Сьогодні ми спостерігаємо продовження трансформації нафтогазових компаній в напрямку декарбонізації світової енергетики. Сучасний енергоринок відзначається поступовим переходом від політики, яка підтримує видобуток нафти і газу, до destимулювання використання викопних ресурсів на користь залучення замінних технологій і палива і, особливо, відновлюваної енергії. Нафтогазова галузь перебуває під дедалі більшим тиском з боку урядів, інвесторів та громадськості з метою підтримки декарбонізації енергетичної си-

стеми. Світові лідери нафтогазової галузі диверсифікують напрямки своєї діяльності шляхом поєднання в єдиній організаційній структурі технологій традиційної та відновлюваної енергетики. Зважаючи на стрімкий розвиток відновлювальної енергетики аналіз процесів інтеграції нетрадиційних джерел енергії в нафтогазову промисловість є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень

В роботі [2] показано, що використання комбінованих систем живлення нафтогазових об'єктів дозволяє зберегти необхідну надійність енергопостачання. Боротьба з коронавірусною інфекцією викликала зростання обсягів використання відновлювальних джерел енергії при одночасному зниженні попиту в інших енергетичних секторах [3]. В багатьох нафтових компаніях створюють підрозділи для виробництва відновлюваної енергетики [4]. Більшість нафтогазових компаній фокусуються на одному або двох напрямках розвитку відновлювальної енергетики, що, зазвичай, пов'язано з особливостями їх регіонального бізнесу. Така стратегія дозволяє компаніям перетворюватись на центри технологічної інновації. Відновлювані джерела енергії дозволяють забезпечити ефективне електропостачання в умовах автономної енергосистеми [5]. Перевагу при цьому необхідно надавати комбінації сонячної, вітрової та дизельної генерації електричної енергії [6].

Виділення раніше невирішеної частки проблем

Наведений аналіз процесів взаємної інтеграції технологій вуглеводневої та відновлюваної енергетики не дозволяє визначити особливості поступової трансформації нафтогазових компаній в енергетичні в умовах декарбонізації світового енергоринку. Розглянуті в роботах [2–6] напрямки використання відновлюваних джерел енергії стосуються переважно окремих випадків та уособлених техніко-економічних показників їх застосування і не дозволяють сформулювати основні причини поєднання технологій нафтогазовидобутку з виробництвом нетрадиційних видів енергії. Узагальнення особливостей застосування в межах однієї структури обладнання нафтогазової та відновлюваної енергетики дасть змогу підвищити ефективність прогнозування трансформації світового енергетичного сектора.

Метою досліджень, результати яких наведені в даній роботі, є аналіз процесів, узагальнення особливостей та формулювання основних причин спільного використання обладнання вуглеводневої та відновлюваної енергетики і можливої трансформації нафтогазових компаній в енергетичні.

Висвітлення основного матеріалу

Незважаючи на те, що вуглеводні, як і раніше, домінують [7, 8] (рис. 1) на світовому енергоринку, провідні нафтові компанії розпочали інвестувати значні кошти [9] у відновлювані джерела енергії (табл. 1).

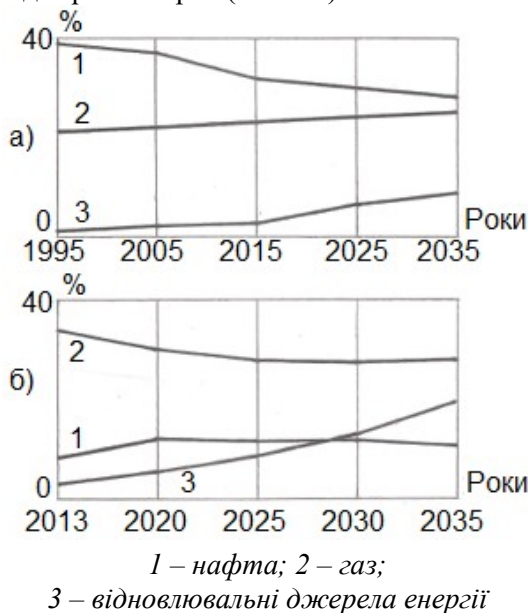


Рисунок 1 – Структура світового (а) та українського (б) ринків нафтогазової та відновлюваної енергетики

Таблиця 1 – Інвестиції світових нафтогазових компаній та транснаціональних корпорацій у проєкти з відновлюваної енергетики

Назва компанії	Напрямок інвестицій	Початок інвестицій, рік
Beyond Petroleum (British Petroleum), United Kingdom	Вітрова та сонячна енергетика, акумулювання енергії	1980
Royal Dutch Shell, Kingdom of the Netherlands, United Kingdom	Вітрова, сонячна та воднева енергетика, акумулювання енергії	2016
Total S.A., France	Сонячна енергетика, акумулювання енергії	2011
Eni S.p.A., Italy	Вітрова та біоенергетика	2014
Chevron Corporation, USA	Вітрова, сонячна та геотермальна енергетика	2000
Exxon Mobil Corporation, USA	Біоенергетика, уловлювання та зберігання вуглецю	2000

За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики IRENA сонячна енергетика в Україні має обґрунтований потенціал на рівні 4 ГВт, а вітрова – 16-24 ГВт.

Економічно-доцільний потенціал енергетичних ресурсів термальних вод, величина запасів яких визначає можливості геотермальної енергетики, оцінюється у 8,4 млн т н.е. на рік. Україна має значний потенціал для розвитку біоенергетики [10], оскільки володіє великим ресурсом біомаси, доступної для виробництва енергії: відходи сільського господарства, відходи деревини, енергетичні культури, як традиційні (цукровий буряк та зернові – на біоетанол, кукурудза – на біогаз), так і ті, що призначені суто для енергетичних цілей та вирощування яких почало активно розвиватися в останні роки (ріпак на біодизель, міскантус, швидкозростаючі деревовидні культури: верба, тополя). Незважаючи на наявність морських кордонів, застосування Україною енергії хвиль та припливів Чорного та Азовського морів не має промислового значення внаслідок їх недостатньої у порівнянні з економічно обґрунтованою висоти. Вугільні пласти в Україні залягають на значній глибині (500–5000 м) і мають невелику товщину (до 2 м), що ускладнює видобування газу метану вугільних родовищ під час їх дегазації. Перспективним паливом є водень, який в умовах жорсткого дотримання вимог техніки безпеки може замінити вуглевод-



а)



б)

а) офшорний вітрогенератор у Північному морі;
б) нафтовий насос і вітрові турбіни на нафтовому родовищі у Західному Техасі

Рисунок 2 – Розміщення обладнання відновлювальної енергетики на нафтогазоносних ділянках

неві джерела енергії та зменшити рівень енергетичної залежності країни.

Пошук ефективних стратегій подальшого розвитку та захисту від негативних настроїв інвесторів щодо викидів вуглекислого газу, занепокоєння змінами клімату і прагнення переходу до більш чистих джерел енергії зумовили можливість майбутнього перетворення найбільших світових нафтових компаній в енергетичні. Мільярдні інвестиції в сонячну та вітрову енергетику свідчать про існування сценаріїв поєднання в рамках однієї компанії нафтогазовидобутку та виробництва відновлювальної енергії. За твердженням аналітиків Міжнародної енергетичної агенції [11] трансформація енергетичного сектора може відбутися і без участі нафтогазової промисловості, але це було б складніше та дорожче.

Поєднання технологій нафтогазової та відновлювальної енергетики в рамках однієї компанії дозволяє залучити переваги та мінімізувати окремі недоліки застосування обох напрямків виробництва енергії. Дві форми енергії у багатьох відношеннях взаємно доповнюють одна одну. Наприклад, виробництво електроенергії спалюванням природного газу має низькі капітальні витрати та значні витрати на паливо, тоді як генератори відновлюваної енергії мають вищі капітальні витрати, але зазвичай нульові витрати на паливо. Ще одна причина створення компаній з паралельним існуванням двох напрямків виробництва енергії полягає в можливості комбінованого використання одного і того ж обладнання, привод якого здійснюється як за допомогою відновлюваних джерел

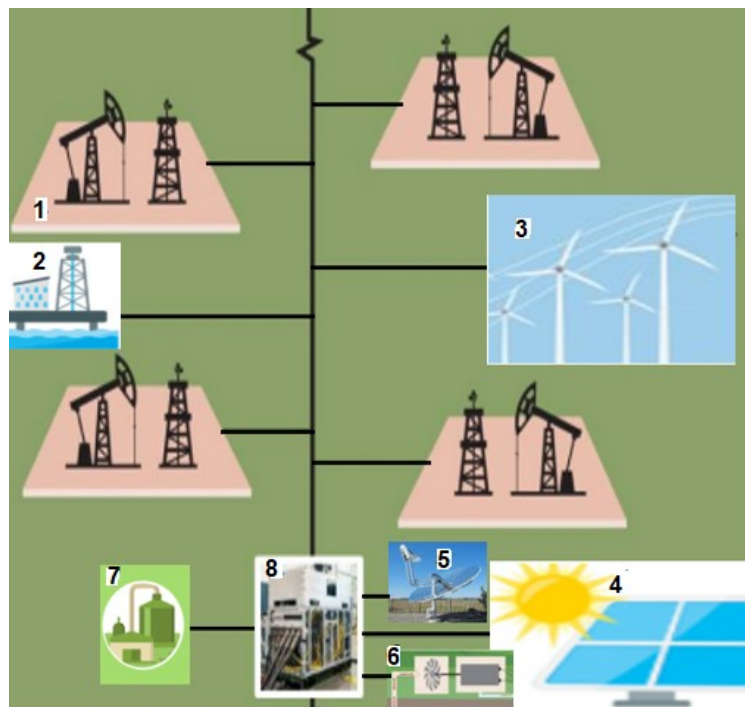
енергії, так і шляхом спалювання традиційних вуглеводнів.

Досвід тривалого виробництва і постачання енергоносіїв, наявна інфраструктура та кваліфіковані трудові ресурси дозволяють нафтогазовим компаніям використовувати обладнання відновлювальної енергетики поряд з традиційним устаткуванням для нафтогазовидобутку. Зокрема, використання енергії морських вітрів легко поєднується з досвідом експлуатації нафтових глибоководних платформ [12], що робить привабливою можливість диверсифікації напрямків вироблення енергії для світових лідерів традиційної нафтогазової галузі (рис. 2 а).

Визначальною перевагою для нафтогазових компаній є можливість встановлення вітрових генераторів безпосередньо на глибоководних платформах. Ключові можливості з'являються в Північному морі та офшорному східному узбережжі США, де безпосередньо використовується досвід керування мегапроєктами та партнерства з операторами, які спеціалізуються на нафтогазовидобутку в даних регіонах. Прикладом використання обладнання відновлювальної енергетики на суходутних нафтогазоносних ділянках є встановлення вітрогенераторів на родовищах Західного Техасу (рис. 2 б).

Враховуючі світові тенденції розвитку енергоринку, можна прогнозувати поступову трансформацію виробничої діяльності нафтових компаній в напрямку зростання обсягів використання відновлювальної енергетики.

Трансформація нафтогазової компанії DONG Energy (Danmark) до повноцінної морської вітрової компанії Orsted є одним із при-



1 – наземне нафтогазове обладнання; 2 – морське нафтогазове обладнання; 3 – вітрогенератори; 4 – сонячні батареї; 5 – концентратори сонячної енергії; 6 – тепловий насос; 7 – виробництво біопалива; 8 – контролер

Рисунок 3 – Взаємна інтеграція обладнання нафтогазової та відновлювальної енергетики

кладів повного переходу від нафтогазовидобутку до виробництва відновлюваної енергії.

Одним із способів задовольнити зростаючий попит на енергію та енергоємність виробництва, а також досягти допустимих показників викидів, є інтеграція технологій відновлюваної генерації в нафту та газ. Нафтогазова промисловість має довгу історію інтеграції відновлюваної енергії в свою діяльність. Одним із найперших комерційних застосувань сонячних фотоелектричних панелей було їх використання у 1970-х роках в попереджувальних сигнальних лампах морських нафтових установок. Відновлювані джерела енергії можуть зменшити акустичне навантаження, мінімізувати викиди та підвищити безпеку. Сьогодні можна виділити наступні технології відновлюваної енергетики, які застосовують в нафтогазовій галузі:

- виробництво електроенергії за допомогою сонячних фотоелектричних систем;
- вітрова енергетика;
- застосування концентраторів сонячної енергії;
- застосування концентраторів геотермальної енергії;
- застосування біопалива.

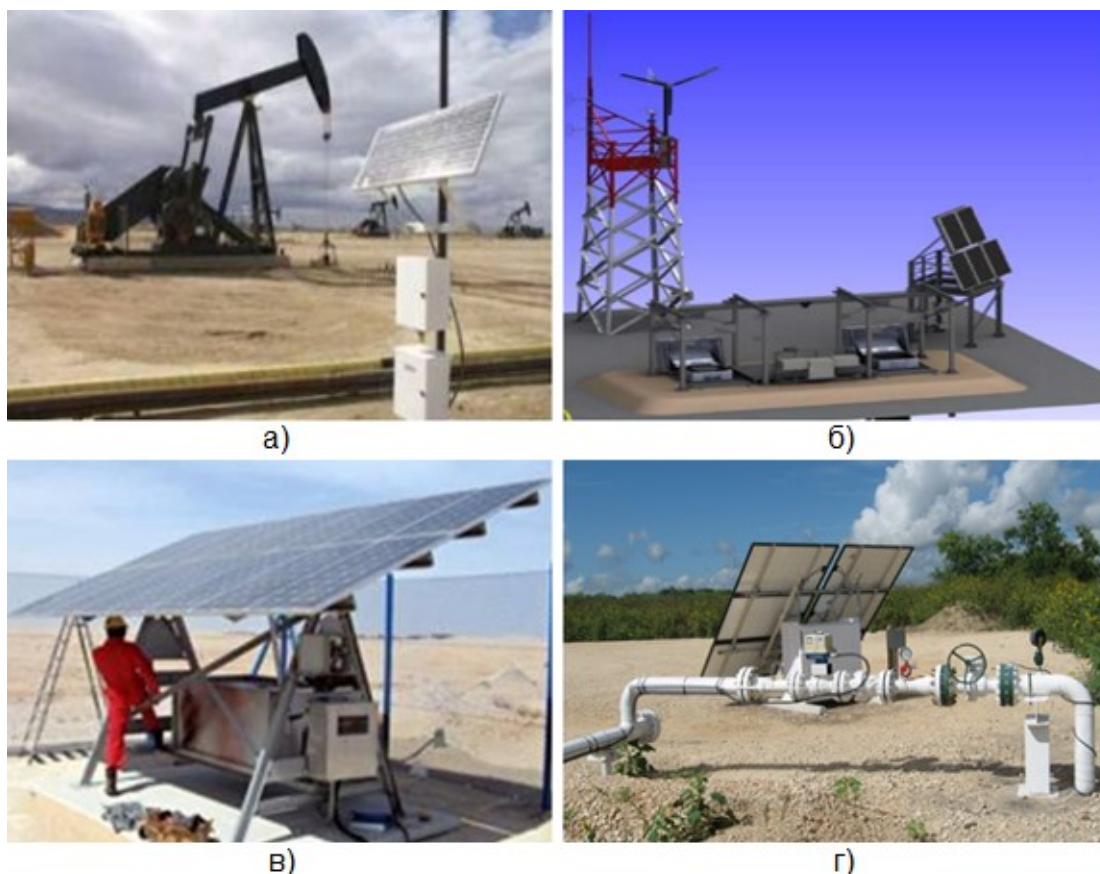
Згадані джерела відновлюваної енергії дозволяють підвищити енергоефективність реалізації основних технологічних процесів розробки нафтогазових родовищ (рис. 3):

- буріння свердловин;
- нафтогазовидобуток;
- методи інтенсифікації нафтогазовидобутку;
- нафтопереробка.

Розглянемо особливості використання відновлюваних джерел енергії в окремих процесах нафтогазової промисловості.

Енергія для привода бурового устаткування часто виробляється дизельними або газотурбінними двигунами. Генерування відновлюваної енергії дає змогу зменшити або усунути потребу в застосуванні даних приводів, що може привести до значної економії палива. Прикладом застосування гібридних технологій є використання турбін [13] для виробництва електроенергії, привод яких здійснюється або за допомогою термальних сонячних електростанцій (CSP) або спалюванням природного газу. Відоме також використання газових турбін комбінованого циклу, що приводяться в дію спалюванням біогазу та природного газу. Офшорна вітрогенерація є економічним та екологічно безпечним варіантом постачання електроенергії на морські нафтогазові платформи.

Найбільш поширеним прикладом застосування джерел відновлювальної енергії при експлуатації свердловин є живлення насосів механізованого нафтовидобутку (рис. 4 а). Поєднання сонячних батарей з накопичувачами ене-



а) живлення системи моніторингу експлуатації верстата-качалки; б) система електропостачання групи газоконденсатних свердловин на основі використання відновлюваних джерел енергії; в) катодний захист обладнання устя свердловини в умовах пустелі; г) дистанційний моніторинг та регулювання режиму роботи технологічних трубопроводів (компанія AmerescoSolarSolutions)

Рисунок 4 – Приклади спільного застосування обладнання нафтогазової та відновлюваної енергетики

ргії дозволяє використовувати нафтові насоси за відсутності традиційних електромереж. Верстат-качалку з приводом від сонячної батареї сьогодні використовують для експлуатації неглибоких, малодобітних, розміщених у важкодоступних віддалених районах свердловин.

Технічні характеристики приводу дозволяють його використання на виснажених родовищах, що перебувають на пізній стадії експлуатації. Привод верстата-качалки шляхом спалювання відсепарованого нафтового газу даної свердловини (наприклад, в газових двигунах фірми Arrow) дає можливість обмежитись застосуванням сонячних фотоелектричних систем для дистанційного моніторингу режиму роботи штангового глибинного насоса.

Використання відновлюваної енергії може забезпечити нафтогазові компанії надійними джерелами енергії для виробництва вуглеводнів на об'єктах, розташованих у віддалених районах. При цьому забезпечується живлення систем дистанційного моніторингу і керування нафтогазовими об'єктами та відповідає необхід-

ність у капітальних та експлуатаційних витратах, пов'язаних з будівництвом ліній електропередач.

На рисунку 4 б показано адаптовану до умов Арктики автономну систему електропостачання групи газоконденсатних свердловин, засновану на використанні відновлюваних джерел енергії [14], яка складається з вітрогенератора зі сталеву вежею, наземних сонячних панелей та резервних батарей. Концентрація сонячного та геотермального тепла дозволяє підвищити економічність використання методів вторинного нафтогазовидобутку в процесі підігріву та закачування теплоносіїв у продуктивний горизонт [15].

Каліфорнійський університет розробив програми бездротового моніторингу і контролю свердловин, управління клапанами аварійного відключення, введення хімічних реагентів, оброблення природного газу, моніторингу та керування рівня нафти в резервуарі, управління пальниками та інше. Проєкт використання комплексних сонячних електричних систем

SunWizePowerReady (з терміном експлуатації 25 років із заміною батареї акумулятора кожних 5–10 років) забезпечує катодний захист сталевих, водяних і паливних трубопроводів, обсадних колон (рис. 4 в) і резервуарів, сталевих паль і морських нафтових платформ.

Контролер системи захисту здійснює дистанційне включення та виключення обладнання сонячного колектора та забезпечує його роботу в режимі заряджання батарей, віддачі електроенергії та в режимі очікування і запобігання саморозряджання. Десятки тисяч надійних дистанційних систем електропостачання працюють по всій Америці та на Близькому Сході у всіх нафтогазовидобувних регіонах, мінімізуючи витрати на технічне обслуговування та експлуатацію. Завдяки перевіреним і широким можливостям, попит на це інтегроване технологічне рішення продовжує зростати.

Енергія сонячних панелей використовується для живлення комп'ютерних систем, які забезпечують функціонування дистанційної телеметрії, дистанційного вимірювання, керування запірною арматурою (рис. 4 г), інжекторними насосами та іншим обладнанням.

Розвиток енергетичного сектору України відображає світові тенденції інтеграції відновлюваної енергетики в нафтогазову промисловість. НАК "Нафтогаз України" планує розширювати присутність на ринку відновлюваної енергетики України шляхом виробництва біогазу та водню. Прогнозується, що для повної заміни традиційних джерел енергії відновлюваними Україні потрібно близько 25 років та інвестиції на 100 млрд доларів. Сьогодні підписаний меморандум з компанією RWE (Федеративна Республіка Німеччина) стосовно вироблення та транспортування в Європу «зеленого» водню. Для виробництва «зеленого» водню заплановано використання «офшорної» вітрової генерації та залучення існуючих потужностей Одеського припортового заводу. Для виробництва та транспортування «зеленого» водню обрано чотири області: Запорізьку, Херсонську, Дніпропетровську та Одеську. Південь України має доступ до української газотранспортної системи, яка сьогодні розглядається як варіант транспортування «зеленого» водню. У 2020 р. деякі оператори газорозподільних мереж долучились до водневої стратегії ЄС «EU HydrogenStrategy» та розпочали їх дослідження стосовно здатності транспортувати газоводневі суміші.

Висновки та перспективи розвитку напрямку

Проекти відновлюваної енергетики стають частиною стратегії розвитку найбільших нафтогазових компаній. Серед причин поступової трансформації нафтогазових компаній в енергетичні можна виділити наступні:

- нафтогазова галузь перебуває під дедалі більшим тиском з боку урядів, інвесторів та громадськості з метою підтримки декарбонізації енергетичної системи;

- адаптація недорогих технологій відновлюваної енергії до видобутку нафти і газу, а також до інших видобувних і промислових процесів дає змогу зберігати рідке паливо з високою енергоємністю та універсальний природний газ для інших галузей, таких як нафтохімія та авіація, одночасно збільшуючи рентабельність та підвищуючи стійкість для обох енергетичних секторів;

- існуючий досвід реалізації великих капітальних проєктів, досвід тривалого виробництва і постачання енергоносіїв, наявна інфраструктура та кваліфіковані трудові ресурси дозволяють нафтогазовим компаніям використовувати обладнання відновлювальної енергетики поряд з традиційним устаткуванням для нафтогазовидобутку;

- поєднання технологій нафтогазової та відновлювальної енергетики в рамках однієї компанії дозволяє залучити переваги та мінімізувати окремі недоліки застосування обох напрямків виробництва енергії;

- можливість комбінованого використання одного і того ж обладнання, привод якого здійснюється як за допомогою відновлюваних джерел енергії, так і шляхом спалювання традиційних вуглеводнів, дозволяє підвищити ефективність реалізації технологічних процесів нафтогазовидобутку.

Інтеграція технологій відновлюваної енергетики в нафтогазову промисловість дозволяє прискорити трансформацію світового енергетичного сектора.

Відповідно до тенденцій розвитку світового сектора вуглеводнів підсилюються вимоги до кадрового забезпечення нафтогазових компаній. Декарбонізація світової економіки вимагає підвищеної уваги до удосконалення освітньо-професійних програм та підготовки фахівців, які володіють сучасними методами проєктування, експлуатації і сервісного обслуговування обладнання, характерного для реалізації технологій комбінованого застосування вуглеводнів і відновлюваних джерел енергії.

Література

1. Паневник Д.О., Паневник О.В. Аналіз світових тенденцій розвитку нафтогазового машинобудування. *Нафтогазова енергетика*. 2020. № 1(33). С. 90-100. [https://doi.org/10.31471/1993-9868-2020-1\(33\)-90-100](https://doi.org/10.31471/1993-9868-2020-1(33)-90-100).

2. Горюнов О.А., Назарова Ю.А. Перспективы применения ветроэнергетических установок для энергообеспечения объектов газовой промышленности в районах Крайнего Севера. *Территория «НЕФТЕГАЗ»*. 2015. № 12. С. 146-150.

3. Бабичева Л.К., Е.В., Непринцева Е.В., Шубин С.А. Риски развития ВИЭ в нефтегазовой отрасли в условиях COVID-19. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2020. № 11(4). С. 412-419. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-926>.

4. Возобновляемые источники энергии как новый шаг развития для нефтегазовых компаний: исследование KPMG (международная сеть фирм-членов KPMG International). 2019. 28 с. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/12/ru-ru-renewable-energy-sources-for-oil-and-gas.pdf>.

5. Зимин Р.Ю., Кучин В.Н. Альтернативная энергетика для повышения эффективности разработки нефтегазовых месторождений. *Neftegaz*. RU. 2020. №11. С. 3–8. <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/639046-alternativnaya-energetika-dlya-povysheniya-effektivnosti-razrabotki-neftegazovykh-mestorozhdeniy/>.

6. Бердин В.Х., Кокорин А.О., Юлкин Г.М., Юлкин М.А. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2017. 80 с. https://wwf.ru/upload/iblock/renewable_rus.

7. BP Energy Outlook 2017 Edition. 2017. 103 p. bp.com/energyoutlook/#BPstats.

8. Маркевич К., Омельченко В. Глобальні енергетичні тренди крізь призму національних інтересів: аналітична доповідь (Центр Разумкова). Київ: Заповіт, 2016. 118 с. https://razumkov.org.ua/2016_glob_ener_trendy.

9. Murray J. How the six major oil companies have invested in renewable energy projects. NS Energy. 16 Jan 2020. <https://www.nsenergybusiness.com>.

10. Бобро Д.Г. Развитие низкоуглецевой энергетики как ключевой элемент стало́го розвитку України. Національний інститут стратегічних досліджень: аналітична записка. 18.12.2018. 22 с. <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/rozvitok-nizkovuglecevoi-energetiki-yak-klyuchoviy-element-stalogo-rozvitku-ukrainy>.

doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/rozvitok-nizkovuglecevoi-energetiki-yak-klyuchoviy-element-stalogo.

11. The Oil and Gas Industry in Energy Transitions. International Energy Agency: fuel report. France, January 2020. 165 p. <https://www.iea.org/reports>.

12. Johnston J., Blakemore R., Bell R. The role of oil and gas companies in the energy transition. Global energy center: report. Washington: Atlantic Council, 2020. 44 p. <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/the-role-of-oil-and-gas-companies-in-the-energy-transition/>.

13. Lee A., Zinaman O., Logan J. Opportunities for Synergy Between Natural Gas and Renewable Energy in the Electric Power and Transportation Sectors. National Renewable Energy Laboratory: Technical Report NREL/TP-6A50-56324. December 2012. 59 p.

14. Stroykov G., Cherepovitsyn A., Iamshchikova E. Powering Multiple Gas Condensate Wells in Russia's Arctic: Power Supply Systems Based on Renewable Energy Sources. Resources. 2020. 9(130). 15 p. [mdpi.com/journal/resources. doi:10.3390/resources9110130](https://doi.org/10.3390/resources9110130).

15. Ericson S., Engel-Cox J., Arent D. Approaches for Integrating Renewable Energy Technologies in Oil and Gas Operations. Joint Institute for Strategic Energy Analysis: technical Report NREL/TP-6A50-72842. Denver (USA). January 2019. 35 p. <https://www.nrel.gov/docs>.

References

1. Panevnyk D.O., Panevnyk O.V. Analiz svitovykh tendentsii rozvytku naftohazovoho mashyno-buduvannia. *Naftohazova enerhetyka*. 2020. No 1(33). P. 90-100. [https://doi.org/10.31471/1993-9868-2020-1\(33\)-90-100](https://doi.org/10.31471/1993-9868-2020-1(33)-90-100). [in Ukrainian]

2. Goryunov O.A., Nazarova Yu.A. Perspektivyi primeneniya vetroenergeticheskikh ustanovok dlya energoobespecheniya ob'ektov gazovoy promyshlennosti v rayonah Kraynego Severa. *Territoriya «NEFTEGAZ»*. 2015. No 12. P. 146-150. [in Russian]

3. Babicheva L.K., E.V., Neprintseva E.V., Shubin S.A. Riski razvitiya VIE v neftegazovoy ot-rasli v usloviyah COVID-19. *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment*. 2020. No 11(4). P. 412-419. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-926>. [in Russian]

4. Vozobnovlyaemyie istochniki energii kak novyyi shag razvitiya dlya neftegazovykh kompaniy: issledovanie KPMG (mezhdunarodnaya

set firm-chlenov KPMGInternational). 2019. 28 p. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/12/ru-ru-renewable-energy-sources-for-oil-and-gas.pdf>. [in Russian]

5. Zimin R.Yu., Kuchin V.N. Alternativnaya energetika dlya povysheniya effektivnosti razrabotki neftegazovykh mestorozhdeniy. Neftegaz. RU. 2020. No11. P. 3–8. <https://magazine.neftegaz.ru/articles/arktika/639046-alternativnaya-energetika-dlya-povysheniya-effektivnosti-razrabotki-neftegazovykh-mestorozhdeniy/>. [in Russian]

6. Berdin V.H., Kokorin A.O., Yulkin G.M., Yulkin M.A. Vozobnovlyemye istochniki energii v izolirovannykh naselennykh punktakh Rossiyskoy Arktiki. M.: Vsemirnyy fond dikoy prirody (WWF), 2017. 80 p. https://wwf.ru/upload/iblock/renewable_rus. [in Russian]

8. Markevych K., Omelchenko V. Hlobalni enerhetychni trendy kriz pryzmu natsionalnykh interesiv: analitychna dopovid (Tsentr Razumkova). Kyiv: Zapovit, 2016. 118 p. https://razumkov.org.ua/2016_glob_ener_trendy. [in Ukrainian]

9. Murray J. How the six major oil companies have invested in renewable energy projects. NS Energy. 16 Jan 2020. <https://www.nsenergybusiness.com>.

10. Bobro D.H. Rozvytok nyzkovuhletsevoi enerhetyky yak kliuchoviy element staloho rozvytk Ukrainy. Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen: analitychna zapyska. 18.12.2018. 22 p. <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/nacionalna-bezpeka/rozvitok-nizkovuglecevoi-energetiki-yak-klyuchoviy-element-stalogo>. [in Ukrainian]

11. The Oil and Gas Industry in Energy Transitions. International Energy Agency: fuel report. France, January 2020. 165 p. <https://www.iea.org/reports>.

12. Johnston J., Blakemore R., Bell R. The role of oil and gas companies in the energy transition. Global energy center: report. Washington: Atlantic Council, 2020. 44 p. <https://www.atlanticcouncil.org/in-depth-research-reports/report/the-role-of-oil-and-gas-companies-in-the-energy-transition/>.

13. Lee A., Zinaman O., Logan J. Opportunities for Synergy Between Natural Gas and Renewable Energy in the Electric Power and Transportation Sectors. National Renewable Energy Laboratory: Technical Report NREL/TP-6A50-56324. December 2012. 59 p.

14. Stroykov G., Cherepovitsyn A., Iamshchikova E. Powering Multiple Gas Condensate Wells in Russia's Arctic: Power Supply Systems Based on Renewable Energy Sources. Resources. 2020. 9(130). 15 p. mdpi.com/journal/resources. doi:10.3390/resources9110130.

15. Ericson S., Engel-Cox J., Arent D. Approaches for Integrating Renewable Energy Technologies in Oil and Gas Operations. Joint Institute for Strategic Energy Analysis: technical Report NREL/TP-6A50-72842. Denver (USA). January 2019. 35 p. <https://www.nrel.gov/docs>.