



МОШИНСЬКИЙ В.С., докт. с-г. наук, проф., ректор,
РЯБЕНКО О.А., докт. техн. наук, проф., зав. кафедри,
ГАЛИЧ О.О., ст. викладач,
 Національний університет водного господарства
 та природокористування, м. Рівне,
ПОРОВСЬКИЙ С.М., СВІДЕРСЬКА А.В., магістр,
 партнер AICE Hydro AS, м. Київ,
ЯКОБСЕН А., засновник, голова AICE Hydro AS, м. Осло

ВИКОРИСТАННЯ НОРВЕЗЬКОГО ДОСВІДУ ДЛЯ РОЗВИТКУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Дається загальна характеристика енергетики Норвегії. Описуються особливості управління роботою енергосистеми. Висвітлюється домінуюча роль гідроенергетики у загальному виробництві електричної енергії. Велика увага приділяється використанню малих гідроелектростанцій.

К л ю ч о в і с л о в а: співробітництво, енергоносії, енергосистеми, гідроенергетика, гідроелектростанції.

Норвезько-українське співробітництво у галузі гідроенергетики. В останні роки потенційні інвестори та фінансові установи Норвегії проявляють великий інтерес до інвестування і будівництва малих гідроелектростанцій України. Така діяльність у значній мірі здійснюється через Норвезько-українську торговельну палату (НУТП). Ця палата є норвезькою організацією, зареєстрованою у м. Осло. НУТП об'єднує біля 100 компаній, які працюють у сфері норвезько-українських відносин. Палата фокусується на таких галузях бізнесу: енергетика, ІТ технології, агрокультура та рибний бізнес.

У 2015 р. відбулася зустріч представників Норвезько-української торговельної палати і Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, де сторони домовилися про розробку документа (інструкції), який би регламентував процес залучення норвезьких інвестицій в українську гідроенергетику. Цей документ [1] був презентований у червні 2016 р. і обговорювався на норвезько-українському бізнес форумі 2016.

Згадана інструкція, по-суті, є дороговказом, який описує всі процеси отримання дозвільних документів та погоджень для будівництва малих гідроелектростанцій, а також містить перелік ризиків, які постають перед норвезьким інвестором. Розроблений документ призначений для поліпшення розуміння норвезькими інвесторами особливостей українського бізнес середовища та специфіки гідроенергетичного бізнесу в Україні.

З метою реалізації планів посилення норвезько-українського співробітництва та залучення норвезьких інвестицій в українську гідроенергетику в

2016 р. був підписаний Меморандум про взаєморозуміння між Норвезько-українською торговельною палатою і Національним університетом водного господарства та природокористування, а норвезька компанія AICE Hydro AS розпочала свою діяльність з пошуку перспективних об'єктів для інвестування і будівництва малих ГЕС в Україні.

Загальна характеристика енергетики Норвегії. У своїй господарській діяльності в енергетичній сфері Норвегія використовує різноманітні джерела енергії — нафту, газ, кам'яне вугілля, енергію води, вітру та ін. Структура і обсяги використання таких джерел за період 1995—2013 рр. дані в Табл. 1. [2, 3].

Виробництво електроенергії в Норвегії у 2013 р. становило 134 млрд. кВт·год. Згідно даних національного статистичного відомства сукупне споживання електрики у цьому році склало 120 млрд. кВт·год. При чисельності населення 5 млн. чол. Норвегія у 2013 р. зайняла перше місце в світі за виробництвом електричної енергії на душу населення — 26,8 тис. кВт·год./чол.

Населення та промислові споживачі платять однакову ціну за використовувану електричну енергію — близько 1 крони (~ 3 грн.) за кВт·год. Кожен має право вільно вибирати постачальника електрики, підписавши з ним договір. Рахунок за електричну енергію складається з двох частин — за споживану енергію та використання електромереж. При цьому тарифи встановлюються державою.

Домінуючу роль у виробництві електричної енергії (за різними оцінками до 96—98%) у Норвегії відіграє гідроенергетика. Інша частина електрики виробляється із викопаних видів палива, дров, енергії вітру та біомаси. Норвегія має найбільший потенціал вітрової енергії серед європейських країн. Відповідно до цього у країні стрімко розвивається вітроенергетика — наразі діє більше 210 вітроенергетичних установок сумарною потужністю 500 МВт, які виробляють до 3 ТВт·год. за рік. Нещодавно Норвегія заявила про свої плани щодо будівництва найбільшого в Європі вітропарка потужністю в 1 ГВт, який буде складатися із шести окремих взаємно пов'язаних ВЕС.

Таблиця 1. Виробництво енергоносіїв у Норвегії, ПДж (ПентаДжоуль)

	Джерела	1995	2000	2005	2010	2013
1	Електрика від енергії води	441	512	491	422	464
2	Електрика від енергії вітру	0	0	2	3	7
3	Нафта і конденсат	5749	6650	5621	3970	3230
4	Природний газ і зріджений нафтовий газ	1282	2097	3478	4209	4339
5	Кам'яне вугілля	8	18	41	54	52
6	Дрова, гранули, палети	21	24	28	30	22
Всього		7502	9300	9659	8685	8115



Норвегія володіє великими запасами нафти і природного газу. Сумарний видобуток цих продуктів у 2013 р склав 200000 млн. ст.м³н.е. (стандартних кубічних метрів нафтового еквіваленту). У зазначеному році країна добувала 1,84 млн. барелів нафти за добу і за цим показником вона входить до числа 15 найпотужніших країн-виробників нафти у світі. Проте в умовах забезпечення держави гідравлічною і вітровою електроенергією значна частина видобутої нафти і газу Норвегії іде на експорт. Характерно, що в країні практично немає внутрішньої газової інфраструктури, хоча кілька газових ТЕС уже будується.

Теплові електростанції Норвегії використовують енергію викопаного палива, сміття та біологічного палива. Сумарна потужність таких станцій складає 255 МВт, а сумарний річний виробіток електроенергії — 60 ГВт·год. В країні немає атомних електростанцій.

Управління роботою енергосистеми. Експорт електроенергії. Електростанції в Норвегії належать державним і приватним компаніям, муніципалітетам і місцевим общинам. Основну роль в управлінні роботою електроенергетичного сектору країни відіграють дві державні компанії — Статкрафт (Statkraft) і Статнет (Statnett). Компанія Статкрафт є виробником і основним постачальником електричної енергії. Компанія Статнет володіє і управляє роботою електричної мережі країни. Ця компанія відповідає за забезпечення надійності і координацію експлуатації всіх норвезьких електромереж, а також забезпечення балансу між виробництвом і споживанням електричної енергії. Крім того Статнет відіграє основну роль у розвитку і експлуатації ліній електропередач між Норвегією та іноземними державами.

Норвегія нарощує виробництво електричної енергії і здійснює її експорт. У 2014 р. вартість експортованої електроенергії перевищила 850 млн.



Рис. 1. Загальний вигляд ГЕС Сіверсграфоссе

доларів США. При цьому розподіл імпортованої енергії характеризується таким чином: Швеція — 55%, Нідерланди — 26%, Данія — 18,5%, Фінляндія — 0,3%. Характерно, що Норвегія здійснює обмін електроенергією з Швецією, Фінляндією і Данією.

Для передачі електричної енергії Норвегія широко застосовує підводні лінії електропередач [4]. Такі лінії зв'язують Норвегію з Данією і Нідерландами. Підводний кабель між Норвегією і Нідерландами був зданий в експлуатацію у 2008 р. і має потужність 0,7 ГВт. У 2020 р. планується пуск у роботу підводного кабеля постійного струму між Норвегією та ФРН довжиною 623 км, потужністю 1,4 ГВт і вартістю 1,5–2,0 млрд. євро. При цьому передбачається можливість передачі енергії в обох напрямках. У 2021 р. планується завершення будівельних робіт з прокладки підводного силового кабеля між Норвегією і Великобританією потужністю 1,4 ГВт і вартістю 2 млрд. євро.

Роль гідроенергетики Норвегії. Описані успіхи Норвегії в енергетичній сфері в значній мірі пов'язані з унікальними досягненнями у гідроенергетиці. Країна є одним із світових лідерів у га-



Рис. 2. Монтаж напірного водоводу дериваційної ГЕС Веслефаллет





лузі гідроенергетики. Володіючи найбільшим гідроенергетичним потенціалом серед країн Європи (120 млрд. кВт·год за рік), Норвегія інтенсивно його використовує. Практично всю вироблену електричну енергію (96–98%) дають гідроелектростанції. За оцінками експертів у країні експлуатуються більше 750 гідроелектростанцій встановленою потужністю 28000 МВт загальним виробітком 120 млрд. кВт·год за рік. Характерно, що вище згадана державна компанія Старкрафт володіє 170 ГЕС у Норвегії. Крім того компанії належить ще 97 ГЕС у Швеції, Німеччині, Великобританії, Фінляндії та Перу.

У Норвегії використовують різні типи гідроелектростанцій — наземні і підземні, руслові, пригребельні та дериваційні. Особливістю рельєфу місцевості є наявність гір, високогірних плато з великою кількістю озер, річок, струмків, водопадів. Ця обставина дозволяє будувати ГЕС без використання великих гребель, застосовуючи в якості регулюючих водосховищ гідроелектростанцій існуючі природні озера, що істотно здешевлює будівництво.

Самою потужною у Норвегії є ГЕС Квілдалл з встановленою потужністю 1,2 ГВт. Серед інших ГЕС необхідно виділити каскад Пазьких гідроелектростанцій, до якого входять такі ГЕС: Кайтакоскі, Яніскоскі, Раякоскі, Хеваскоскі, Скутфосс, Мелькефосс, Борисоглібська. Потужність каскаду 275,9 МВт. Середньорічний виробіток електроенергії 1475 млн. кВт·год. Каскад розташований на р. Паз (Патсойокі), яка витікає із фінського озера Інарі і на значній довжині є прикордонною між Норвегією і Росією. На річці розміщені норвезькі та російські ГЕС. Озеро Ітарі регулює роботу всіх станцій каскаду, експлуатація яких здійснюється відповідно до договорів між Норвегією, СРСР і Фінляндією від 1957–1959 рр. [5].

ГЕС Веморк була побудована у 1911 р. і цікава тим, що під час другої світової війни використовувалася для промислового виробництва тяжкої води. У той же період станція стала об'єктом диверсії з боку Руху Опору. У 1971 р. ГЕС була закрита, а у 1988 р. перетворена у Норвезький музей промислових працівників.

Серед новітніх технологій Норвегії у галузі гідроенергетики необхідно відзначити припливну електростанцію Хаммерфест та хвильову ГЕС у м. Берген. ПЕС Хаммерфест побудована у 2003 р. з встановленою потужністю 300 кВт. Має оригінальну конструкцію і відноситься до розряду експериментальних. Установка здатна давати до 700 тис. кВт·год. електроенергії за рік. Виконавши поставлені завдання, станція припинила свою роботу у 2007 р., причому на рік пізніше запланованого терміну.

Хвильова ГЕС біля м. Берген була побудована у 1985 р. і складається з двох установок. Перша установка пневматичного типу мала потужність 500 кВт та річний виробіток електроенергії 1,2 млн. кВт·год.

В результаті сильного шторму у 1988 р. установка була сильно пошкоджена. Друга установка гідравлічного типу має встановлену потужність 350 кВт і щорічно виробляє до 2,0 млн. кВт·год. електричної енергії.

Особливості використання малих ГЕС у Норвегії. В умовах вищеописаних особливостей рельєфу місцевості Норвегії малі ГЕС набули широкого застосування і, по суті, є домінуючим типом гідроелектростанцій. Такі станції можуть бути розміщені у віддалених районах і задовольняти потреби як окремих сімей та місцевих общин, так і подавати електроенергію в об'єднану енергетичну систему. Для гідроенергетики Норвегії останніх років характерним є розвиток будівництва саме малих ГЕС, адже сприятливі створи для великих станцій уже використані або знаходяться у заповідних зонах.

У Норвегії до малих ГЕС відносять станції потужністю до 30 тис. кВт (за іншими оцінками — до 10 тис. кВт), причому їх ще розбивають на окремі категорії. Існують різні методики такої розбивки, критеріями яких є встановлена потужність станції та інвестиційний фактор, тобто вартість однієї кіловат-години електроенергії, вираженої у доларах США. Відповідно до часто використовуваної методики, основаної на встановленій потужності станції, у Норвегії виділяють такі категорії малих ГЕС:

- піко ГЕС — потужність до 5 кВт, енергопостачання для окремих сімей;
- мікро ГЕС — потужність від 5 кВт до 100 кВт, енергопостачання до 100 сімей;
- міні ГЕС — потужність від 100 кВт до 1000 кВт, енергопостачання до 1000 сімей;
- власне малі ГЕС — потужність від 1000 кВт до 30000 кВт, енергопостачання до 50000 сімей [6].

Як типовий приклад руслової станції на Рис. 1 показана ГЕС Сіверсатрафоссе на р. Фліса потужністю 2000 кВт. До складу гідровузла входить водоприймач, будівля ГЕС з 5 агрегатами, щитова водозливна гребля, глуха бетонна та земляна греблі та рибохід.

В умовах гірського рельєфу місцевості у Норвегії широкого застосування набули дериваційні ГЕС із трубчатими напірними водоводами різної довжини. На Рис. 2 показано монтаж такого водоводу дериваційної ГЕС Веслефаллет. Довжина водоводу становить 5 км, внутрішній діаметр — 1,6–1,9 м. Трубопровід складається із окремих полімерних труб довжиною 5,5 м із муфтовим з'єднанням стиків.

Висновки

1. Українсько-норвезьке співробітництво активно розвивається і має хороші перспективи у різних галузях, у тому числі і в гідроенергетиці.

2. Норвегія є одним із світових лідерів у сфері використання гідроенергетичних ресурсів.



3. Досвід норвезької гідроенергетики є корисним для розвитку гідроенергетики України, а особливо у галузі будівництва і використання малих ГЕС.

ЛІТЕРАТУРА

1. <https://nucc.no/>

2. <http://www.ssb.no/en/energiregn/>

3. <http://energyatlas.iea.org/>

4. <http://bellona/>

5. <https://en.wikipedia.org/>

6. <http://encon.sumdu.edu.ua/doc/reports-presentations/>,
Sergei Fashevsky. Project Manager, Norsk Energy.

© Мошинський В.С., Рябенко О.А., Галич О.О., Поровський С.М.,
Свідерська А.В., Якобсен А., 2018

