МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний економічний університет
Факультет аграрної економіки і менеджменту
Кафедра менеджменту біоресурсів і природокористування

ЧИРИНДА Михайло-Вадим Анатолійович

Обґрунтування економічної ефективності використання вітроенергетики в різних регіонах України / Economic efficiency of wind energy using in different regions of Ukraine

Спеціальність – 8.18010017 "Економіка довкілля і природних ресурсів"
Магістерська програма – Економіка довкілля і природних ресурсів

Магістерська робота

Виконав студент групи
ЕДПР$_м$-21
М.-В. А. Чиринда
_____
Науковий керівник:
д.т.н., професор
Р. Б. Гевко
_____

Магістерську роботу допущено
до захисту:
"___" _____20___р.
В.о. завідувача кафедри
_____ Р.Б. Гевко

ТЕРНОПІЛЬ – 2017

ЗМІСТ

с.

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ 6

1.1. Стан і світові перспективи розвитку вітрової енергетики 6

1.2. Передовий світовий досвід виробництва вітрової електроенергії 12

1.3. Соціально-екологічні характеристики вітрової енергетики 29

1.4. Сценарії розвитку світової вітроенергетики 37

Висновки до першого розділу 50

РОЗДІЛ 2. СТАН ВИРОБНИЦТВА ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПО РАЦІОНАЛЬНИМ ПЕРСПЕКТИВАМ ЇЇ РОЗВИТКУ 52

2.1. Стан енергетичної галузі в Україні та державні плани її розвитку 52

2.2. Роль і значення вітрової електроенергетики для України та раціональні перспективи її розвитку 56

2.3. Рекомендації для працівників органів влади, керівників підприємств і організацій 60

Висновки до другого розділу 78

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПИТАНЬ ЕКОНОМІКИ І ОРГАНІЗАЦІЇ ПРИЄДНАННЯ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДО РЕГІОНАЛЬНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ 80

3.1. Капіталовкладення 80

3.2. Техніко-економічні показники 82

3.3. Енергетичні показники 83

3.4. Економічні показники 93

3.5. Організація виробництва 98

3.6. Економічна ефективність ВЕС 99

Висновки до третього розділу 100

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ 102

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 105

ВСТУП

У багатьох куточках світу вітрова енергетика вже досягла рівня, який дозволяє їй стати основним джерелом енергії. Зростання вітроенергетики в розвинених країнах, особливо в Європі, тривалий час було обумовлено проблемою глобальної зміни клімату. Однак є й інші фактори такі, як енергетична безпека, нестійкість цін на вуглеводневе паливо, які впливають на ринок і країни. Залежність від поставок з кількох країн-імпортерів вуглеводневої сировини, які є здебільшого політично нестабільними державами, а також нестійкість цін на нафту і газ роблять ситуацію хиткою, що веде до значних втрат в світовій економіці.

Вітрова енергетика є найбільш привабливим рішенням світових енергетичних проблем. Вона не забруднює навколишнє середовище і не залежить від палива. Більш того, вітрові ресурси присутні в будь-якій частині світу і їх достатньо, щоб забезпечити зростаючий попит на електроенергію.

За двадцять років вітрові установки пройшли довгий шлях удосконалення. В результаті сучасний вітропарк за своїми характеристиками не поступається традиційній електростанції. Більш того, вироблення електроенергії на вітрових станціях стає все більш конкурентоспроможною в порівнянні з традиційними джерелами енергії на викопному паливі: вже сьогодні вітрова енергетика порівнянна з новими вугільними і газовими електростанціями.

Україна як член Європейського енергетичного співтовариства також взяла на себе зобов’язання до 2020 року досягти частки енергії, що генерується відновлюваними джерелами, в розмірі 11 % загального енергоспоживання.

Національна академія наук України приділяє значну увагу дослідженням з відновлюваної енергетики. У грудні 2003 р. з метою подальшого розвитку і координації досліджень у галузі відновлюваної енергетики у складі Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України було створено Інститут відновлюваної енергетики НАН України. До структури Інституту входять 6 наукових відділів до яких входить і Міжгалузевий науково-технічний центр

вітроенергетики. Основними науковими напрямами діяльності Інституту є розроблення технологій та систем комплексного використання відновлюваних джерел енергії, фізико-технічних основ процесів перетворення і використання сонячної енергії, наукових основ перетворення і використання енергії вітру. Вчені які займаються вітроенергетикою в Україні є: С. О. Кудря, А. О. Рожко, О. М. Адаменко, В. Г. Височанський, В. А. Льотко, М. О. Михайлів і інші.

Актуальність теми полягає в тому, що використання традиційних джерел енергії неможливо тривалий час і може закінчитися, за прогнозами вчених, найближчі 100-200 років при існуючих темпах енергоспоживання. Погіршується з кожним роком екологічна обстановка в усьому світі також не сприяє збільшенню витрат вугілля і нафти як джерел енергії. Проблема енергетики є ще і в тому, що з кожним роком споживання електроенергії тільки росте. В Україні також існує значний потенціал використання вітроенергетики. З іншого боку, проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж у світі чи країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсу використання основних фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів шкідливих викидів. Значні втрати при транспортуванні, розподілі та використанні електроенергії і тепла, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більш ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни. Таким чином, Україна має нагальну потребу у переході до енергетично ефективних та екологічно чистих технологій, якими є, в тому числі, і вітроенергетика.

Метою дипломного дослідження є обґрунтування розвитку та перспектив вітроенергетики в регіонах Україні та її економічної ефективності.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні задачі:

– провести аналіз стану розвитку вітрової енергетики;

– дослідити європейський та світовий ринок вітрової енергетики і спрогнозувати передбачуване збільшення потужності;

– провести аналіз основних шляхів розвитку сучасної вітроенергетики і аналіз можливих варіантів схем електричних з'єднань вітропарків;

– дослідити вплив роботи вітроустановок на зміну навколишнього середовища в порівнянні з традиційною енергетикою;

– оцінити стан виробництва вітрової електроенергетики в Україні та розглянути пропозиції по раціональним перспективам її розвитку;

– розробити план організації приєднання вітроелектростанції до регіональної енергосистеми та визначити його економічну ефективність.

Об’єкт дослідження – впровадження системи вітрогенераторів в регіонах України.

Предмет дослідження – є організація та оцінка економічної ефективності використання вітроенергетики в регіонах України.

Методи дослідження: теоретичне узагальнення, системний і історико-економічний аналізи, математичні, порівняння, індексний, графічний, функціонально-вартісний аналіз.

Практична значущість роботи полягає в розробці конкретних методичних і практичних рекомендацій щодо приєднання вітроелектростанцій до регіональних енергосистем та оцінки їх ефективності.

Обсяг та структура роботи. Магістерська робота складається із вступу, трьох розділів, висновків та пропозицій, списку використаних джерел. Зміст викладено на 107 сторінках основного тексту. Перелік посилань містить 38 джерел.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ

1.1. Стан і світові перспективи розвитку вітрової енергетики

Вітроенергетика на сьогоднішній день є найбільш швидкозростаючою галуззю серед альтернативних джерел енергії. За останні двадцять років ця область перетворилася з екзотичного явища в напрямок який стрімко розвивається, де розроблені більш ефективні і надійні технології, вартість яких за десять років знизилася майже вдвічі, що дозволило налагодити їх комерційне виробництво.

Сучасна вітрова турбіна здатна виробляти електрики в 180 разів більше, ніж 20 років тому, а вартість обладнання на одиницю продукції (кВт / год) за ці роки впала більш ніж удвічі.

Якщо в 2010 році обсяг інвестицій в розвиток вітрової енергетики становив приблизно 765 доларів на 1 кВт, а, отже, 3,6 центів за 1 кВт / год. Тоді 2020 році передбачається, що обсяг вкладень знизиться до 550 дол. США на 1 кВт, і тоді вартість електрики становитиме 2,6 центів за 1 кВт / год.

Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства, витрати на установку вітрових електростанцій становить в середньому 1250 доларів США за кВт, таким чином, у порівнянні з двадцятирічною давністю вартість вітрової енергії знизилася з 0,8 доларів США за кВт / год до 0,04. Завдяки технологіям які швидко розвиваються і підвищенню продуктивності загальна вартість вітрової енергії продовжує знижуватися.

Більше того, формування вітрової енергетики як самостійної галузі позитивним чином позначається на економічному розвитку сучасного суспільства. Рада з вітрової енергії оцінила рівень зайнятості в секторі вітрової енергетики в обсязі приблизно 350 000 чоловік.

Вітроенергетичний бізнес викликає серйозний інтерес у зовнішніх інвесторів. Так, в 2012 році виробник вітротурбін компанія «Enron Wind» була куплена підрозділом «General Electric» - однієї з найбільших корпорацій в світі.

У 2014 році «Siemens» поглинув датського виробника «Bonus Energy». У секторі розподілу електроенергії кілька великих компаній стали власниками вітропарків. До них відносяться компанії «Florida Power and Light» в США і «Iberdrola» в Іспанії, кожна з яких є власником вітропарків потужністю понад 3500 МВт.

Значущим є й рішення ряду нафтових компаній здійснювати фінансові вкладення в вітрову енергетику. Наприклад, підрозділ з поновлюваних джерел енергії компанії «Shell» вже інвестувало в будівництво 850 МВт вітрових потужностей (в основному в США). Ці процеси свідчать про те, що вітрова енергетика стає провідним напрямком на енергетичному ринку. Енергетичний потенціал вітру в даний час використовується більш ніж в 70 країнах світу. Якщо в 2010 році загальна встановлена потужність вітрових станцій становила 24 320 МВт, то в кінці 2015 року вона збільшилася майже в 4 рази, досягнувши 93 000 МВт.

З 2012 року потужність енергії, що виробляється вітром, стабільно збільшується в середньому на чверть. Це зростання обґрунтовано, переважно, тим, що в таких великих державах, як США, Іспанія та Китай, де ринок вітрової енергії вже сформувався, вводяться нові додаткові потужності. Найбільша в світі вітрова електростанція «Стейтлайн» розташована саме на території США, в штатах Орегон і Вашингтон, її загальна потужність становить 300 МВт. Але все ж таки лідируючі позиції на ринку вітрової енергії за сукупною встановленої потужності на сьогоднішній день займає Європа.

Серед країн в 2014 році встановлена потужність вітряного електрообладнання найвищого показника досягла в Німеччині - 22,247 МВт, потім слідують США - 16,819 МВт, Іспанія - 15,145 МВт, Індія - 7,850 МВт, Китай - 5,899 МВт і Данія - 3,125 МВт. Загальна додана потужність вітряного обладнання в 2014 році склала приблизно 19,696 МВт, з них 43,6% були введені в Європі.

По країнах в трійку лідерів по розширеним потужностям в області вітроенергетики входять США, Іспанія та Китай. У Німеччині та Індії введення

нових потужностей в порівнянні з 2013 р знизилися, а Данія протягом останніх двох років взагалі не додавала потужностей. Загальна вартість нового обладнання, встановленого в минулому році, склала 36 млрд. доларів.

В області проведення наукових досліджень і вдосконалення технологій лідируючі позиції також займають Європа і Північна Америка. Однак останнім часом в цьому напрямку активно працюють такі країни, що розвиваються, як Китай, Індія і Бразилія. Варто зауважити, що на азіатському ринку вітрової енергетики на сьогоднішній день спостерігається тенденція до стрімкого зростання, чому сприяють проведення постійних досліджень і державна підтримка.

У 2015 році встановлена загальна світова потужність вітрової енергетики становила 93,849 МВт, з яких 98,5% було встановлено в прибережній зоні. У 2015 році світова потужність берегових вітростанцій збільшилася на 26,8%. 61% встановленої потужності берегових електростанцій в минулому році був зосереджений на території Європи. По країнах трійку лідерів за встановленими потужностями берегових вітростанцій за той же період представляли Німеччина, США і Іспанія. В Азії та Тихоокеанському регіоні берегова вітрова енергетика найбільш швидкими темпами росла в Китаї, де встановлена потужність зросла приблизно в 1,3 рази. У десятку країн за величиною потужностей берегових вітрових станцій також входять Індія, Данія, Франція, Великобританія, Італія і Португалія.

Найбільш придатними місцями для виробництва енергії з вітру вважаються прибережні зони, тому офшорні (морські) вітряні електростанції на сьогоднішній день можна назвати перспективною галуззю вітроенергетики. Зараз цей напрямок в основному розвивається в Європі і США. У світовому масштабі подібні споруди поки не поширені в силу своєї високої капіталомісткості, недостатнього рівня розробок, відсутність кваліфікованого персоналу, брак відповідних допоміжних служб (наприклад, плавучі крани), конкуренції за місце з іншими користувачами морських ресурсів і інших невирішених питань. Проте, морський вітер володіє значним енергетичним

потенціалом, що вимагає динамічного розвитку відповідних технологій. Останнім часом в даному напрямку спостерігається істотний прогрес, розроблені проекти великомасштабних вітростанцій, які зможуть працювати в морях і океанах. Однак результати розвитку вітропарків морського базування будуть відчутніше, якщо даний напрямок отримає підтримку з боку морської нафтогазової галузі, енергетичної сфери, постачальників сервісних послуг і інших суміжних областей. Сприятливий вплив на поширення вітрових станцій у відкритому морі нададуть також партнерські відносини між різними країнами з метою створення спільних проектів.

Можливість установки вітротурбін в морі відкрила нові горизонти для вітрової енергетики, особливо в північній частині Європи, для якої характерно відносне мілководдя прибережних акваторій і наявність попиту на здійснення масштабніших проектів в порівнянні з проектами на суші. Станом на 2015 рік європейська морська вітрова галузь включала 25 діючих станцій загальною потужністю близько 1100 МВт, встановлені в п'яти країнах - Данії, Великобританії, Нідерландах, Швеції та Ірландії. Спорудження цих електростанцій вимагало вкладень в розмірі 2,1 млрд. доларів, загальна кількість турбін, якими обладнані згадані вітропарки, становить 440 штук.

До теперішнього часу серійне виробництво морських вітрових систем не налагоджене. Сектор знаходиться на стадії розвитку і більше використовує великі спеціалізовані компоненти, ніж стандартні механізми, випуск яких необхідно налагодити для того, щоб знизити собівартість отриманої енергії до мінімуму.

Передбачається, що в 2018-19 роках ринок морської вітрової енергетики поповниться проектами загальною потужністю приблизно 1,5 ГВт, які будуть здійснені в Великобританії (800 МВт), Данії (200 МВт), Швеції (140 МВт), Нідерландах (120 МВт), Франції (105 МВт), Німеччини (60 МВт) і Бельгії (30 МВт). Очікується, що до кінця 2018 року в Європейському Союзі 80% ринку морської вітрової енергетики буде сконцентровано в Данії і Великобританії.

За оцінками Європейської Асоціації вітрової енергетики (EWEA), до 2020 року тільки в Європі морські вітростанції будуть виробляти приблизно 20-40 ГВт енергії.

Не так давно в США також було розроблено два проекти вітропарків у відкритому морі, які планується розмістити в штаті Массачусетс і Нью-Йорку.

В силу своєї специфіки встановлення вітрових турбін в море виявилася дорожчим, ніж аналогічні побудови на суші. 1 кВт / год, вироблений, наприклад, європейськими морськими вітровими станціями коштує від 0,08 до 0,15 доларів, що вдвічі перевищує номінальну вартість енергії, отриманої береговими вітряними спорудами.

Регіональні тенденції ринку.

Європа ось уже на протязі декількох років є постійним лідером на ринку вітроенергетики, не дивлячись на те, що її частка з кожним роком знижується за рахунок розвитку даного напрямку на інших континентах.

Щорічно потужність енергії, отриманої з вітру, в Європі збільшується на 30%, а ринок відповідного обладнання - на 25%. Якщо в 2014 році встановлена потужність на європейському ринку вітроенергетики зросла на 7,619 МВт, то в 2015 цей показник склав уже 8,554 МВт, в результаті загальний результат дорівнював 56,535 МВт.

На сьогоднішній день вітряна енергія використовується в 27 країнах Європи. Вітроенергетика найбільш розвинена в Німеччині, за нею йде Іспанія і Данія. Такі країни, як Чеська Республіка, Фінляндія, Україна, Болгарія, Угорщина, Естонія, Литва, Люксембург, Латвія, Румунія, Словаччина, Кіпр, Мальта та Словенія всі разом складають 1% від загальної встановленої потужності.

Лідером серед країн щодо введення додаткових потужностей в минулому році стала Іспанія, яка додала до наявних 15 145 МВт 3 522 МВт. Німеччина ж до своїх 22 247 МВт додала тільки 1 667 МВт, що не завадило їй зберегти за собою лідерство на європейському ринку вітроенергетики.

Стрімким зростанням на європейському ринку вітроенергетики

відзначилася також Іспанія, яка нарощує потужності вітроенергетики з середини 90-х років. На той момент загальна встановлена потужність вітряного обладнання становила 7 МВт, в минулому році цей показник зріс до 15 145 МВт.

Америка стала однією з перших держав, хто почав використовувати вітер як джерело енергії. Станом на 2015 рік загальна встановлена потужність вітрових станцій в США дорівнювала 16 818,8 МВт.

Найбільш розвинена область вітроенергетики в штатах Техас (4 356 МВт), Каліфорнія (2 439 МВт), Міннесота (1 299МВт), Айова (1 237 МВт) і Вашингтон (1 163 МВт). Підйом ринку вітроенергетики США відбувається, перш за все, завдяки введенню трирічного пільгового періоду для вітрової індустрії. Пільговий період забезпечується на федеральному рівні за рахунок Виробничого податкового кредиту.

Азіатський континент стає одним з основних центрів розвитку вітроенергетики. Найпотужнішим азіатським ринком залишається Індія, де загальна встановлена потужність вітропарків в минулому році склала 7 850 МВт, за нею йде Китай з показником 5 912 МВт.

Незважаючи на низьку активність в області вітроенергетики на ринку Латинської Америки, в таких державах, як Бразилія і Мексика намітився істотний сплеск у розвитку даного напрямку. Основним бар'єром, що стоять на шляху формування вітроенергетики як повноцінної галузі є недостатньо розроблена нормативно-правова база.

Менш інтенсивно вітроенергетика розвивається в Африці. В основному енергетичний потенціал вітру використовується в північній частині континенту. Марокко, Туніс і Єгипет представляють трійку країн-лідерів в цій частині світу за встановленою потужністю вітростанцій.

Ключові гравці на ринку вітроенергетики.

Найбільшим у світі постачальником вітротурбін є європейська компанія «Vestas». Фірма виробляє промислові вітрогенератори потужністю від 850 кВт до 3,0 МВт. Згідно з даними 2015 року «Vestas» встановила в 63 країнах світу

33 685 вітрогенераторів сумарною потужністю 25 721,75 МВт.

Іншим ключовим гравцем на досліджуваному ринку є багатопрофільна компанія «GE Energy», що працює в сфері високих технологій, а останні 20 років відома також як провідний постачальник і виробник вітрових турбін. За цей час компанія встановила більше 8 000 одиниць техніки загальною потужністю більш ніж 11 300 МВт. В асортименті компанії є в наявності вітротурбіни потужністю від 1,5 МВт до 2,5 МВт.

Не останнє місце на рику обладнання для вітростанцій займає компанія «Gamesa Corporation Tecnologica», яка крім вітрогенераторів спеціалізується також на випуску сонячних установок. Фірма надає широкий спектр обладнання та розвиває свою діяльність переважно в Європі, США і Китаї.

Німецька компанія «Enercon GmbH» встановила 12 273 вітряні турбіни більш ніж в 30 країнах світу. На міжнародному рівні в області вітроенергетики відома також компанія «Siemens». Однак швидке зростання вітроенергетичної галузі вимагає від виробників вітряних установок більш адекватного реагування на зміни на ринку, оскільки на сьогоднішній день багато його учасники стикаються з проблемою затримки поставок необхідного обладнання.

1.2. Передовий світовий досвід виробництва вітрової електроенергії

Дослідження світових вітрових ресурсів показують, що дані ресурси величезні і рівномірно розподілені практично по всіх регіонах і країнах. Недостатня сила вітру навряд чи може стати фактором, що стримує розвиток вітрової енергетики в світі.

З розвитком вітроенергетики все більші обсяги електроенергії, що виробляється за рахунок вітру, необхідно буде інтегрувати в світову енергетичну мережу. Нестабільність вітрового потоку не є обмежуючим фактором в цьому питанні. Сучасні методи контролю та резервні потужності дозволяють без проблем інтегрувати до 20% електроенергії, одержуваної від вітростанцій. Понад цього рівня можуть знадобитися деякі зміни в енергетичних системах і в способах їх регулювання. Передові технології

прогнозування та географічне поширення вітропарків сприяють великомасштабної інтеграції вітроенергетики.

Можливості підключення великих обсягів генерації вітрової енергетики демонструє приклад Данії, в якій 20% загального споживання електроенергії вже забезпечується за рахунок вітроенергетики. Дослідження Німецького енергетичного агентства (DENA) показало, що вітрова енергетика Німеччини може до 2020 року потроїти виробництво електроенергії, забезпечивши 14% споживання електроенергії без введення додаткових резервних і врівноважують потужностей.

Розвиток сучасної вітроенергетики йде в основному за двома великими напрямками:

- Вітроелектричні установки малої потужності, призначені для забезпечення автономного електропостачання ізольованих об'єктів і об'єктів, віддалених від електричних мереж;

- Великі вітропарки на базі вітроелектричних установок мегаватного класу, що працюють у складі об'єднаних енергосистем.

Другий напрямок в даний час розвивається прискореними темпами в зв'язку з рядом переваг вітропарків перед індивідуальними вітроелектричними установками.

Однак у зв'язку з великим різноманіттям конструкцій сучасних потужних вітроелектричних установок, представлених на світовому ринку, з одного боку, і специфічними вимогами до розміщення установок на місцевості, з іншого боку, головні електричні схеми вітропарків також відрізняються різноманіттям, крім технічної сторони визначаються місцевими кліматичними умовами і ландшафтом.

Різноманіття конструкцій вітроелектричних установок проявляється насамперед у використанні провідними виробниками декількох типів генераторів електричної енергії, які, в свою чергу, висувають різні вимоги як до систем управління і регулювання комплексів в цілому, так і до наявності або

відсутності додаткових ступенів перетворення електричної енергії до підключення до електричних мереж.

На відміну від традиційних електростанцій з досить компактним розташуванням первинних і вторинних перетворювачів енергії, вітропарки в залежності від встановленої потужності можуть займати значні площі з розташуванням окремих вітроагрегатів на різному рівні по вертикалі і протяжністю від сотень метрів до одиниць кілометрів. З урахуванням досить значних одиничних потужностей сучасних вітроелектричних установок (від 1 до 5 МВт) такий стан обумовлює необхідність застосування проміжних ступенів трансформації електричної енергії для зниження рівня електричних втрат.

1.2.1. Нестійкість вітрової енергії і її інтеграція в енергосистеми

Вітрова енергетика часто характеризується як «стрибкоподібне» і з цієї причини ненадійне джерело енергії. Насправді зупинки та включення вітрових турбін не є хаотичними. Їх потужність змінна, як в будь-якій іншій енергетичній системі.

На потоки енергії – незалежно чи при споживанні, чи при виробництві - впливає ряд прогнозованих і непрогнозованих факторів. Як зміни в погоді змушують людей включати чи вимикати опалення, зміна часу доби впливає на освітлення, також пориви вітру впливають на нестабільність енергосистеми.

Але слід відмітити, що з іншого боку, в системі енергопостачання, можливі збої через аварію або планову зупинку, електростанція відключається від мережі, це також відбувається миттєво і призводить до миттєвих втрат у мережі сотень мегават. На користь вітрової енергетики слід відмітити, що вона не дає таких несподіваних збоїв. Коливання сприймаються м'якше завдяки сотням або тисячам генераторів (що краще декількох великих електростанцій), спрощують прогнозування та управління цими коливаннями. Загальний ефект від припинення вітру в одному певному місці незначний, так як вітер завжди є десь ще.

Енергосистеми як правило мають справу з несподіваними коливаннями потужностей на великих електростанціях. Заходи з регулювання коливань потрібно проводити і при роботі з вітровими станціями. Питання тут не стільки в самих коливаннях, скільки в тому, як їх прогнозувати і справлятися з ними, якими способами підвищувати ефективність.

Серйозною перешкодою для використання величезного потенціалу вітрових ресурсів є відсутність у багатьох регіонах регульованої або якої б то не було мережевої інфраструктури. Розвиток енергомереж вимагає значних капіталовкладень, хоча залучення великих інвестицій у цей сектор неминуче незалежно від вибору способу генерування енергії.

Сьогодні вітрова енергетика знаходиться в нерівних умовах по відношенню до традиційних способів генерації енергії: інфраструктура останніх розвивалася переважно в рамках національних вертикально-інтегрованих монополій, у яких була можливість фінансувати розвиток енергосистеми за рахунок державних субсидій і податків. І хоча більш ліберальний ринок припинив в деяких країнах цю практику, ряд перекосів - від дискримінаційної плати за підключення до мережі до прихованих зловживань панівним становищем з боку провідних компаній - продовжують створювати бар'єри для розвитку відновлюваної енергетики.

Інтеграція в енергосистеми.

Одна з серйозних помилок, яка часто допускається під час обговорення інтеграції вітрової енергетики в енергетичні мережі, полягає в тому, що це питання розглядається ізольовано, у відриві від всієї енергосистеми. Система енергопостачання подібна величезній ванні з сотнями кранів (електростанцій), що забезпечують приплив, і мільйонами стоків (споживачів). Ці крани і стоки постійно відкриваються і закриваються. Завдання системних операторів - підтримання достатньої кількості води у ванні для забезпечення безпеки всієї системи. Це свого роду взаємодія між різними технологіями отримання енергії та споживчої мозаїкою з метою досягнення певного ефекту.

Сучасний рівень інтеграції вітростанцій в електричні мережі демонструє, що підключення вітрової енергетики до великих систем реально. Досвід

інтеграції вітростанцій потужністю понад 40 ГВт, встановлених в Європі, показує, яким чином відбувається інтеграція високого, середнього та низького рівнів в різних умовах, а також вузькі місця і проблеми такої інтеграції.

Низький рівень інтеграції не створює на роботу системи значного впливу. В даний час виробництво електроенергії за рахунок вітроенергетики становить 3% від загальної потреби ЄС в електроенергії, хоча існує велике варіювання по регіонах і країнах. Сучасні методи контролю та резервні потужності дозволяють без проблем інтегрувати до 20% електроенергії, одержуваної від вітростанцій. Понад цього рівня можуть знадобитися деякі зміни в енергетичних системах і в способах їх деспетчірізації.

Системні оператори часто відмовляються від інтеграції великих обсягів енергії від вітростанцій, вважаючи це нездійсненним завданням, а багато системних оператори роблять це з великим небажанням. Проте, наприклад, в Данії 21% споживаної електроенергії забезпечується за рахунок вітрової енергетики (дані на 2014 р) У західній частині країни цей показник досягав 25%, а в деяких випадках вітрова енергетика могла покрити попит на всі 100%

Питання інтегрування вітрової енергетики

Незважаючи на успішний досвід, до цих пір залишається ряд питань щодо можливості інтегрування великих потужностей вітрової енергетики в об'єднану енергосистему. Ці питання стосуються системи управління, підключення до мережі, стабільності її роботи і вдосконалення інфраструктури.

Робота системи.

З одного боку, вітрова енергетика виглядає як серйозний виклик енергосистемі. Поширена думка про необхідність високих затрат на обслуговування такої інтеграції і її підтримки з боку традиційної енергетики. Однак при цих оцінках часто не враховуються такі ключові чинники:

• Енергосистеми мають справу з регулярними коливаннями, нестабільністю попиту, а також з непрогнозованими збоями при передачі і генерації енергії.

• Вітрова енергетика може впроваджуватися на системному рівні, що створює згладжує ефект, зростаючий з розширенням площі, займаної вітровими станціями.

• Можливість прогнозування генерації на вітростанціях як в погодинному, так і добовому режимі.

Вітрова енергетика завжди буде впливати на резерви енергетичної системи, величина яких залежатиме від розміру енергосистеми, виду генерації, коливань, управління попитом і ступенем інтеграції з іншими системами. При цьому великі енергосистеми можуть використовувати перевагу, що полягає в різноманітності джерел генерації. У таких систем є гнучкі механізми для супроводу змін навантаження і зупинок станцій, які не завжди можна точно прогнозувати.

Потреба в додатковій резервній потужності при зростаючій частці вітрової енергетики на практиці невелика. Виникаючі коливання можна покривати за рахунок наявних в системі резервів навіть при істотному збільшенні цієї частки. Ряд національних і регіональних досліджень показують, що додаткові витрати, пов'язані з інтеграцією вітрової енергетики на рівні 20%, знаходяться в межах від 0 до 3 євро за 1 МВт в годину. При цьому постійно удосконалюються технології прогнозування. Спираючись на все більш точні прогнози погоди, аналіз статистичних даних, використовуючи вдосконалені моделі вітроустановок, можна заздалегідь передбачати обсяг виробленої енергії на період від 5 хвилин до 72 годин, а також оцінювати генерацію сезонними і річними циклами. При використанні сучасних засобів розрахунків похибка оцінки генерації для одного вітропарку становить 10-20% при прогнозуванні на 36 годин. Для групи вітропарків похибка становить 10% на одну добу та 5% на 1-4 години.

Ефект від розширення площі, займаної вітроустановками, також може бути значним. Моніторинг Німецького дослідницького інституту ISET показав, що в той час як окрема турбіна може відчувати коливання потужності до 60% протягом години, максимальне коливання групи об'єднаних вітропарків з

встановленою потужністю 350 МВт не перевищує 20%. На великих просторах для таких систем, як Nordel, яка розташована на території 4 країн (Фінляндія, Швеція, Норвегія і Данія), найбільше коливання протягом години не перевищує 10%.

Підключення до електромережі та стабільність системи

Підключення вітрових парків викликає зміни в напрузі локальної мережі, що вимагає особливої уваги до управління напругою.

Всі оператори енергетичної мережі діють в рамках правил, згідно з якими підключення генеруючих станцій повинно проводитися таким чином, щоб зберегти стабільність в мережі. Правила варіюються в залежності від країни, але завжди стосуються таких аспектів, як якість напруги і контроль частоти.

У відповідь на зростаючі вимоги операторів ліній електропередач, наприклад, залишатися підключеними до системи під час неполадок, вітрові установки були значно вдосконалені. Більшість сучасних вітроустановок мегаватного класу відповідає найжорсткішим вимогам правил, включаючи здатність справлятися зі стрибкоподібними збоями в мережі. Це дозволяє їм підтримувати стабільність в енергосистемі при великих аваріях. Сучасні вітропарки стають ефективно керованими електростанціями.

1.2.2. Короткий огляд особливостей конструкцій сучасних вітроелектричних установок мегаватного класу

Первинне перетворення енергії вітру в механічну енергію в переважній більшості сучасних потужних вітроелектричних установок здійснюється за допомогою трилопатевими горизонтально-осьових вітродвигунів, що володіють відносно високим коефіцієнтом використання енергії вітру і можливістю регулювання крутного моменту шляхом зміни кутів атаки лопатей.

Характерною особливістю великих вітроелектричних установок є застосування в переважній більшості випадків механічної трансмісії, що підвищує до прийнятної величини частоту обертання валу, що приводить

електричний генератор. Це дозволяє використовувати в установках стандартні електрогенератори, що в кінцевому підсумку знижує витрати на вироблення кіловат-години електроенергії. Спеціалізовані низькообертові генератори для вітроелектричних установок серійно виробляються єдиною компанією «Енеркон».

Наступною характерною рисою сучасного парку потужних вітроелектричних установок є застосування в більшості конструкцій (більше 80%) асинхронних генераторів з короткозамкненим ротором. Незважаючи на відносно скромні енергетичні показники, визначальними факторами виступають більш висока надійність асинхронних машин і менші витрати на виробництво одиниці електричної енергії в зв'язку з їх меншою вартістю. Синхронні генератори, що підключаються до мережі без проміжних перетворювачів, застосовуються рідко.

Поряд з відносною простотою і високою надійністю вітропарків на базі вітроелектричних установок з синхронними генераторами або асинхронними генераторами з короткозамкнутим ротором страждають великим недоліком - такі вітроелектричні установки працюють при незмінній частоті обертання головного валу, що призводить до недовиробітку електроенергії в перехідних режимах від мінімальної робочої швидкості вітру до номінальної. Саме ця обставина призвела до появи вітроелектричних установок на базі:

- Асинхронного генератора з числом пар полюсів які перемикаються і двохшвидкісним мультиплікатором;

- Асинхронного генератора з фазним ротором і регульованим ковзанням;

- Асинхронізованого синхронного генератора з живленням обмотки ротора від статичного перетворювача частоти;

В останні роки виробники великих вітроелектричних установок почали більш широке використання в їх структурі статичних перетворювачів електричної енергії. В основному перетворювальна техніка застосовується при використанні вітроелектричних установок з непостійною частотою обертання головного валу, укомплектованих асинхронними генераторами з

короткозамкнутим ротором або синхронними генераторами, як з електромагнітним, так і з магнітоелектричним збудженням.

І нарешті, в останні 30 років у світовій вітроенергетиці спостерігається стійка тенденція зростання одиничних потужностей вітроелектричних установок, які в даний час досягають величин в 5 6 мегават.

1.2.3. Аналіз можливих варіантів схем електричних з'єднань вітропарків

Структура, характеристики і комплектуючі схеми електричних з'єднань вітропарків визначаються безліччю чинників: одиничною потужністю установок, їх кількістю, розстановкою на місцевості, типом застосовуваних генераторів електроенергії і наявністю статичних перетворювачів. Фактично вітропарки є локальною розподільною електричною мережею з назад спрямованим потоком енергії, яку слід було б назвати колекторною мережею. Залежно від перерахованих вище параметрів сполучна мережа вітропарків може бути виконана по магістральному, радіальному або змішаному принципах. Взаємне розташування установок і дистанція між ними обумовлені в основному двома чинниками: одиничною потужністю і формою троянди вітрів на відповідному майданчику.

У разі розташування установок в лінію, що характерно для гірських перевалів, узбереж морів або великих озер, офшорних парків на морській косі або штучному мулу, застосовується магістральна схема. Роза вітрів при цьому, як правило, має стійку витягнуту форму з яскраво вираженими домінуючими напрямками, і лінія установок розташовується перпендикулярно бісектрисі сектора, цих напрямків. Відстані між окремими вітроелектричними установками в ряду в цьому випадку можуть становити лише 3-4 діаметра вітротурбіни, оскільки турбулентні сліди від вітротурбіни не впливають на роботу сусідніх установок. Величини діаметрів сучасних трилопатевими вітротурбін мегаватного класу коливаються в межах від 60 до 120 метрів. Таким чином, вітропарк, що складається, наприклад, з 10 установок,

розташований на морській косі, може мати протяжність магістрального кабелю від 1800 до 2400 метрів.

У разі розташування вітропарку на материку в степовій зоні, де троянда вітрів більш рівномірна, може бути застосована радіальна схема з головною підвищуючою підстанцією в геометричному центрі парку (при цьому з'єднання з прилеглою електричною мережею зазвичай виконується комбінованою кабельно-повітряною лінією електропередач, оскільки на території вітропарків повітряні лінії електропередач, як правило, не застосовуються). При рівномірній розі вітрів дистанції між окремими установками у всіх напрямках повинні бути однаковими. Їх величина повинна складати не менше 6-9, а за деякими джерелами - 20 діаметрів вітротурбін. Дана вимога викликана тим, що при робочих для сучасних вітроелектричних установок швидкостях вітру (найчастіше від 10 до 25 м / с) турбулентний слід від вітротурбін простягається у напрямку вітру саме на таку відстань. Разом з тим потрапляння вітротурбіни в турбулентний повітряний потік різко знижує її аеродинамічний ККД. Таким чином, для вітропарків з діаметрами вітротурбіни від 60 до 120 метрів дистанції між окремими установками зростають до 600-1200 метрів.

В даний час в складі вітропарків найбільш широкого поширення набули вітроелектричні установки з одиничними потужностями від 1,5 до 3,5 МВт, номінальною напругою на виході генератора 660-690 В і діаметрами вітротурбіни від 60 до 90 метрів.

Найпростіший розрахунок показує, що при зазначених потужностях генераторів і наведених вище довжинах сполучних кабельних ліній економічна робота колекторних мереж вітропарків можлива лише в разі застосування в них підвищених робочих напруг.

Найчастіше сучасна мережева вітроелектрична установка забезпечується власним підвищуючим трансформатором, а з'єднання установок між собою здійснюється на стороні середньої напруги від 6 до 30 кВ.

1.2.4. Схеми вітропарків невеликої потужності

Вітропарки невеликої потужності, що побудовані 15-20 років тому і складаються з вітроелектричних установок одиничною потужністю від 100 до 250 кВт, виконувалися на робочих генераторних напруженнях. На рис. 1.1 наведені варіанти радіальних схем вітропарків на базі вітроелектричних установок з різними типами електрогенераторів.

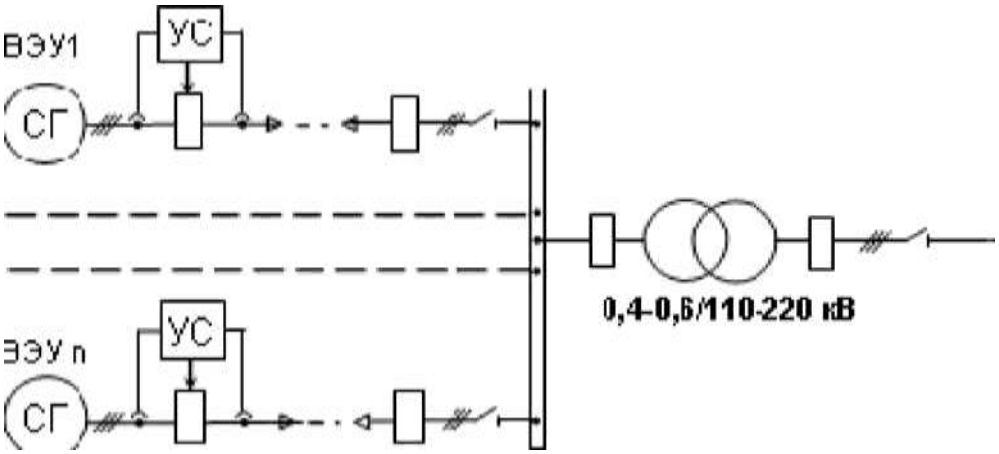

Рисунок 1.1 - Вітропарки невеликої потужності на базі вітроелектричних установок з синхронними генераторами

У разі якщо статичні перетворювачі відсутні, і частота обертання валу установки при роботі підтримується стабільною і кратною частоті мережі, для вітропарків на базі вітроелектричних установок з синхронними генераторами може бути кілька варіантів підключення:

- Кожен генератор має власний пристрій синхронізації;

- Пристрої автоматичної синхронізації синхронізують генератори між собою в групах, а потім відбувається синхронізація груп з мережею;

- Пристрої автоматичної синхронізації синхронізують генератори між собою в групі, потім синхронізуються групи, а з мережею синхронізація відбувається безпосередньо на головній підвищуючій підстанції.

Очевидно, що перший варіант найбільш повно відповідає експлуатаційним вимогам і дозволяє встановлювати мінімальну кількість синхронізуючих пристроїв. У цьому випадку будь-який з генераторів може

підключатися до мережі незалежно від інших, при запуску після аварії на одній з підстанцій першого ступеня синхронізується тільки одна група генераторів).

Основними недоліками цієї концепції є необхідність частої синхронізації генераторів вітроелектричних установок при підключенні до мережі і недовиробіток електроенергії, обумовлений постійною частотою обертання вітротурбіни. Синхронізація повинна здійснюватися кожен раз після відключення вітроелектричних установок від мережі внаслідок недостатньої величини швидкості вітру, після відключення від мережі внаслідок перевищення максимальної швидкості вітру, а також після планово-запобіжних оглядів і ремонтів.

Застосування асинхронних генераторів дозволяє виключити з головної схеми вітропарків синхронізуючі пристрої. Однак в цьому випадку власнику вітропарків доводиться або розплачуватися з мережевою компанією за реактивну потужність, споживану установками з мережі, або застосовувати пристрої компенсації реактивної потужності. Компенсуючи пристрої можна встановити безпосередньо біля кожного генератора, один на кожну групу генераторів або один на підвищувальну підстанцію другого ступеня (рис.1.2). Для «м'якого» підключення вітроелектричної установки до мережі по досягненню вітротурбіни синхронної частоти обертання в таки схемах використовуються керовані тиристорні вентилі.

Аналогічні схеми підключення можуть бути використані для вітроелектричних установок на базі двошвидкісних асинхронних генераторів і асинхронних генераторів з фазним ротором і регульованим ковзанням. Однак такі електричні машини частіше застосовуються в складі більш потужних вітроелектричних установок, оснащенних індивідуальними підвищуючими трансформаторами, і схеми їх підключення розглянуті нижче.

Якщо вітроелектрична установка, що входять до складу вітропарків мають непостійну частоту обертання вітротурбіни і оснащені асинхронними генераторами з корткозамкненим ротором або синхронними генераторами (з електромагнітним або магнітоелектричним збудженням) непостійної частоти

обертання, передача всієї електричної потужності в мережу здійснюється за допомогою статичного перетворювача частоти (рис. 1.3).

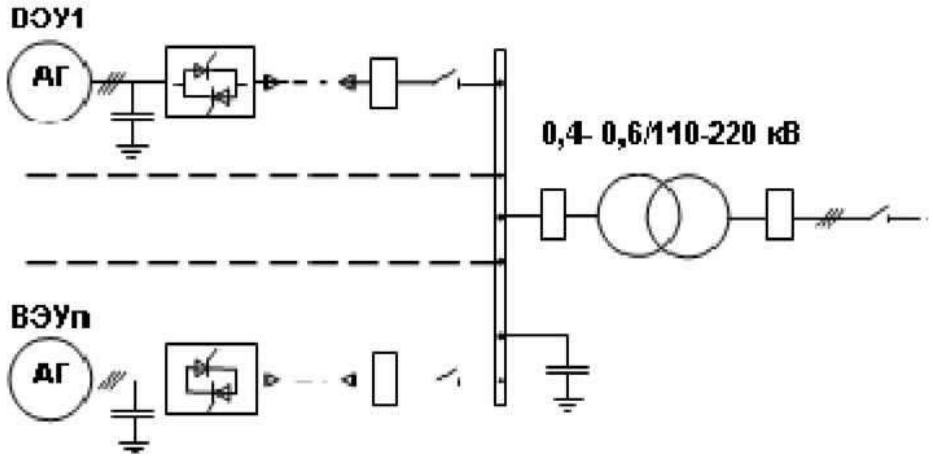

Рисунок 1.2 - Вітропарк невеликої потужності на базі вітроелектричних установок з асинхронними генераторами з короткозамкненим ротором.

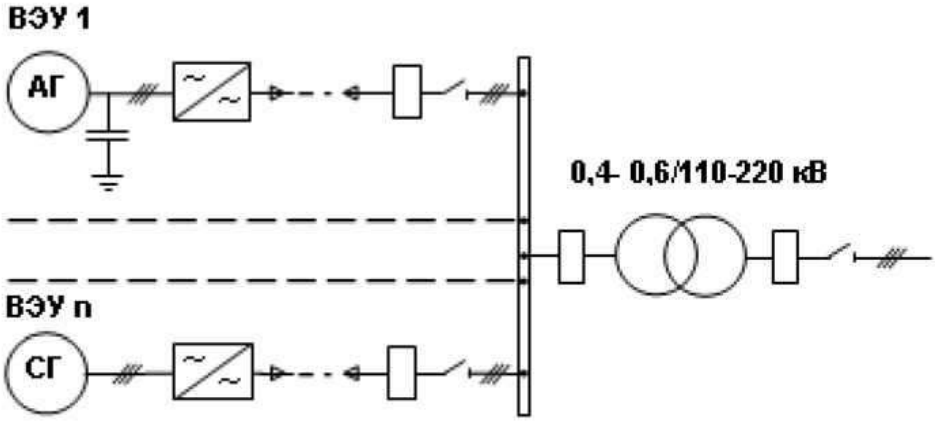

Рисунок 1.3 - Вітропарки невеликої потужності на базі вітроелектричних установок з асинхронними або синхронними генераторами непостійній частоти обертання і повним перетворенням вироблюваної енергії.

1.2.5. Радіальні схеми вітропарків середньої потужності

На рис. 1.4-1.6 наведені схеми вітропарків, побудовані по радіальному принципу з використанням трансформаторів середньої напруги при вітроелектричних установках.

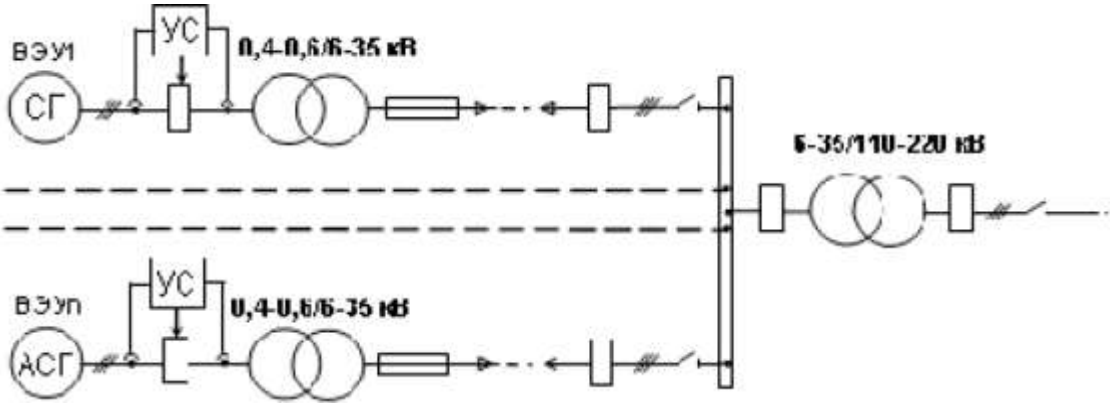

Рисунок 1.4 - Радіальна схема з'єднань вітропарків на базі вітроелектричних установки з синхронними генераторами

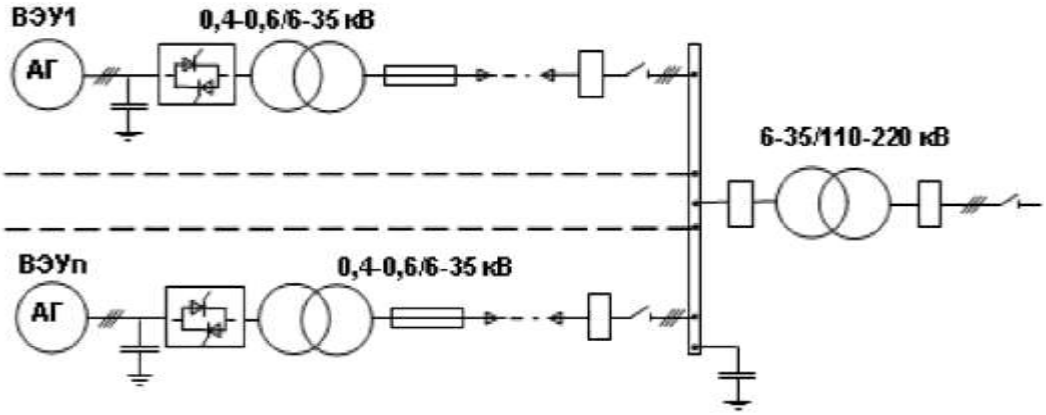

Рисунок 1.5 - Радіальна схема з'єднань вітропарків на базі вітроелектричної установки з асинхронними генераторами с короткозамкненим ротором

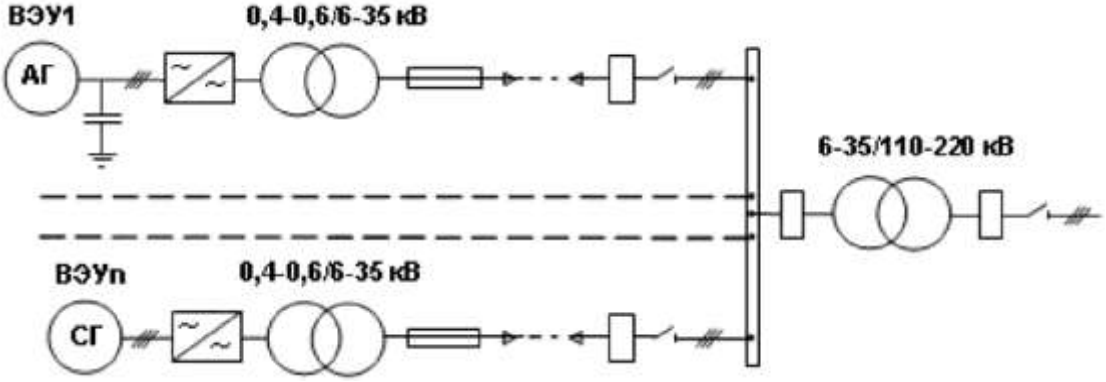

Рисунок 1.6 - Радіальна схема з'єднань вітропарків на базі вітроелектричної установки з асинхронними або синхронними генераторами непостійній частоти обертання і повним перетворенням вироблюваної енергії.

За сприятливої геометрії рози вітрів може спостерігатися підключення декількох вітроелектричних установок на один трансформатор, середньої напруги (рис. 1.7).

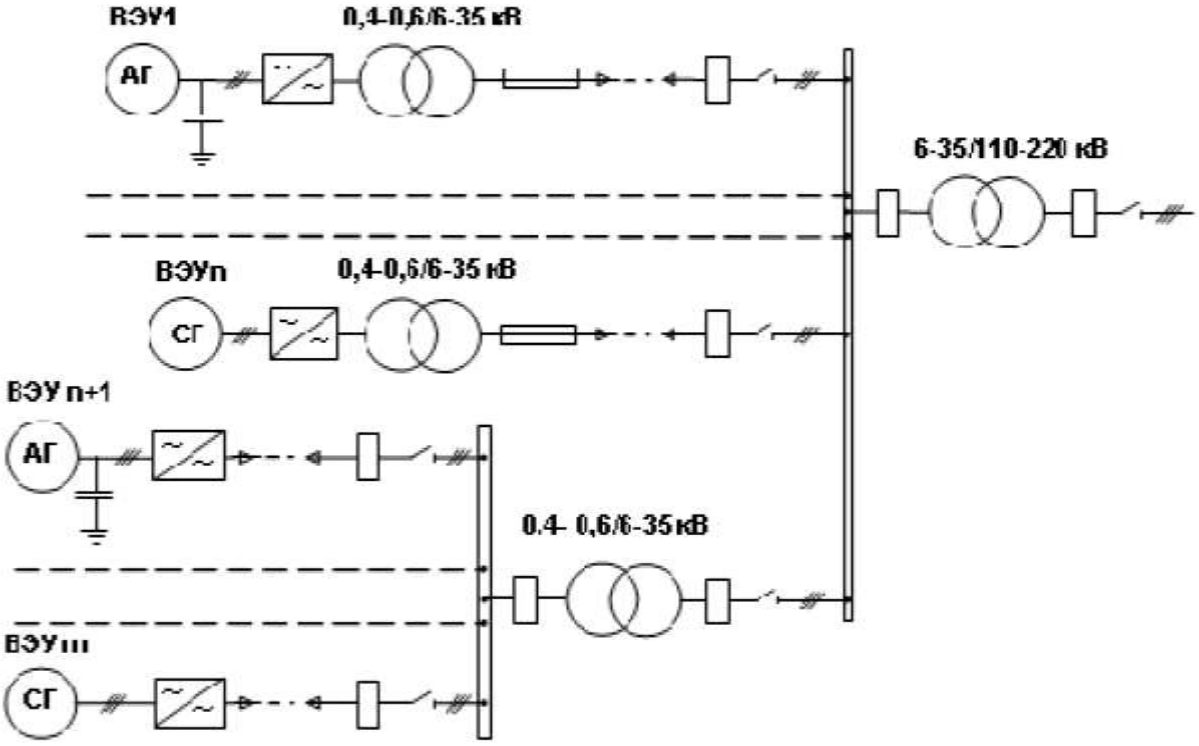

Рисунок 1.7 - Варіант складно розгалуженої радіальної схеми вітропарків.

1.2.6. Магістральні та змішані схеми з'єднань вітропарків середньої і великої потужності

Однією з основних тенденцій розвитку світової вітроенергетики є будівництво великих офшорних вітропарків на континентальних шельфах. Кількість вітроелектричних установок в таких вітропарків коливається від 8-10 до 80 одиниць, при цьому установки шикуються поблизу узбережжя в 2-4 ряди і з'єднуються між собою і з головною підвищуючою підстанцією підводними кабелями.

На рис. 1.8 приведена характерна схема з'єднань офшорного вітропарку. Слід зазначити, що застосування вітроелектричних установок на базі різних за принципом дії і конструкцією електричних генераторів спостерігається в основному при модернізації або розширенні діючих вітропарків. На рис. 1.4 –

1.6 різні генератори показані як можливі варіанти для відповідних схем електричних з'єднань. У новостворених вітропарках з експлуатаційним міркувань використовуються вітроелектричні установки однакової конструкції і одного типорозміру.

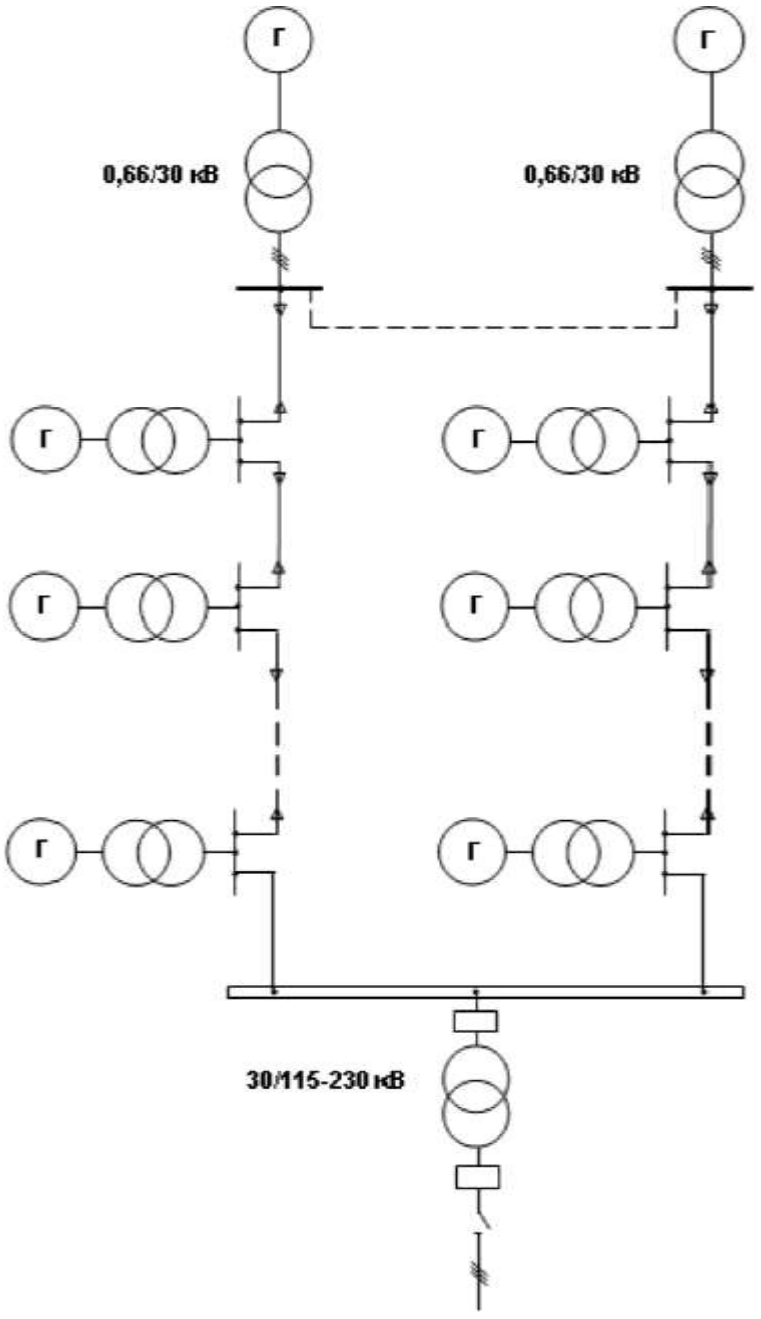

Рисунок 1.8 - Приклад магістральної (як варіант - кільцевої) схеми електричних з'єднань офшорного вітропарку (спрощено)

На підставі викладеного можна зробити наступні висновки:

- В світовій вітроенергетиці спостерігається стійка тенденція зростання одиничної потужності вітроелектричних установок і будівництва великих вітропарків;

- Вітроелектричні установки, що входять до складу вітропарків все частіше забезпечуються індивідуальними підвищуючими трансформаторами з напругою на високій стороні від 6 до 30 кВ, що обумовлено значною територіальною протяжністю вітропарків;

- Конфігурація схеми електричних з'єднань вітропарків і використовується робоча напруга колекторної мережі визначаються значним числом факторів, основними з яких є: одинична потужність використовуваних вітроелектричних установок, кількість вітроелектричних установок в парку і троянди вітрів на розглянутому майданчику;

- Найбільшого поширення для вітропарків невеликої потужності отримали радіальні схеми електричних з'єднань, а для вітропарків середньої і великої потужності - радіальні, магістральні і змішані;

- З'єднувальні мережі вітропарків виконуються кабельними лініями середньої напруги;

- Останньою тенденцією в розвитку великих вітроенергетичних установок і вітропарків є застосування установок з непостійною частотою обертання на базі синхронних генераторів з повним перетворенням вироблюваної електроенергії статичними частоти.

Розвиток інфраструктури

Ефективна інтеграція зростаючих потужностей вітрової енергетики вимагає модернізації інфраструктури з передачі електроенергії. Однак збільшення частки вітрової енергетики в генерації - не єдина причина такої необхідності. Швидко зростаючий попит на електроенергію вимагає модернізації ліній електропередач для підключення нових джерел енергії.

Ряд досліджень в різних країнах показав, що витрати на модернізацію мережі, пов'язані з інтеграцією енергії вітростанцій, знаходяться в межах від 0,1

до 4,7 євро за 1 МВт • год. При цьому верхня межа відповідає інтеграції вітрової енергетики в енергосистемі Великобританії на рівні 30%. Якщо ці витрати розподілити рівномірно, то для окремо взятого споживача це буде складати незначну суму.

1.3. Соціально-екологічні характеристики вітрової енергетики

Відновлювана енергетика (без великих ГЕС) запобігає небезпечній зміні навколишнього природного середовища:

– при будівництві шахт і видобутку відкритим способом (вугілля, урану), бурінні (природний газ, нафта), прокладання трубопровідних систем (газ, нафта, продукти переробки нафти). Деякі з цих змін навколишнього середовища носять локальний характер, а деякі - поширюються на багато сотень і тисячі кілометрів;

- через забруднення повітря і води: кислотні дощі, смог, важкі метали, брудна вода при бурінні свердловин;

– внаслідок глобальної зміни клімату через спалювання викопного палива;

– через теплового забруднення (скидання води, що охолоджує від атомних і теплових електростанцій);

– через забруднення навколишнього середовища на стадії транспортування і переробки вугілля та урану.

Енергоустановки на базі вітрової енергетики не забруднюють ні повітря, ні воду, ні землю і не виробляють небезпечних відходів. Вони не виснажують природні ресурси і не є причиною забруднення природи, що має місце при видобутку, переробці і транспортуванні палива. Вільна від забруднень поновлювана енергія може знизити збиток навколишньому середовищу, що наноситься паливною енергетикою в усіх країнах світу.

Діоксид сірки і оксиди азоту викликають кислотні дощі, які завдають шкоди всьому живому. Кислотні дощі призводять до корозії будівель, мостів та інших споруд. Оксиди азоту (які утворюються при згорянні природного газу) є

первинним компонентом для утворення смогу. Прийнято вважати, що діоксид вуглецю (CO_2) - парниковий газ, вносить вирішальний внесок в глобальну зміну клімату (перешкоджаючи розсіюванню тепла від нагрітої Сонцем поверхні, перетворює Землю в парник, теплицю). Викиди парникових газів, порушуючи сформований газовий баланс і властивості атмосфери, можуть призвести не тільки до зростання середньої температури, але викликає інші зміни погодних умов, зокрема - посухи в одних місцях і повені - в інших. Викиди АЕС величезної кількості криптону-85 ведуть до зміни електропровідності атмосфери і збільшення числа і інтенсивності бурь, штормів, ураганів, тайфунів.

Особливе занепокоєння викликає вплив традиційної паливної енергетики на здоров'я.

В даний час повітря з шкідливими речовинами (а паливна енергетика залишається головним з стаціонарних джерел забруднення повітря в містах) вносить вирішальний вплив в захворювання на астму у дітей в промислово розвинених країнах і країнах, що розвиваються. Міський смог пов'язаний з малою вагою новонароджених, мертвонародженими дітьми і дитячою смертністю. У США дослідженнями документально підтверджений цей ефект навіть в містах з новітніми системами контролю забруднень. Токсичні важкі метали, завжди присутні у викидах від спалювання вугілля і мазуту, неминуче включаються в екологічні ланцюжки і виявляються в продуктах харчування.

Це негативний вплив паливної енергетики в країнах Європейського Союзу породив пропозиції до включення додаткової надбавки «social cost» (соціальна вартість або «зовнішні витрати») в тариф на електроенергію від паливної енергетики. Ці додаткові кошти йдуть на компенсацію збитку, що завдається паливною енергетикою здоров'ю людей і майну, а за попередніми розрахунками можуть становити від 1,5 до 4 центів США за кВт год. Зрозуміло, що електроенергія, вироблена на базі вітроенергетики, вільна від цього податку.

Одним з найкращих достоїнств енергії вітру слід віднести доступність, повсюдне поширення і невичерпність ресурсів. Джерело енергії не потрібно

добувати і транспортувати до місця споживання: вітер сам поступає до встановленого на його шляху вітродвигуна. Ця особливість вітру надзвичайно важлива для важкодоступних (арктичних, степових, пустельних, гірських і т.п.) районів, віддалених від джерел централізованого енергопостачання, і для відносно дрібних (потужністю до 100 кВт) споживачів енергії, розосереджених на великих просторах. Основна перешкода до використання вітру як енергетичного джерела - непостійність його швидкості і, отже, енергії в часі.

Поряд з такими позитивними аспектами, пов'язаними з використанням енергії вітру, як відсутність викидів парникових газів та інших шкідливих речовин, що забруднюють навколишнє середовище, наявність великої поновлюваного ресурсу цього джерела енергії, слід зазначити також і негативні з екологічної точки зору аспекти вітроенергетики. Розглядаючи негативний вплив вітроенергетики на навколишнє середовище, можна виділити наступні основні моменти:

– Використання для вітрових турбін значних територій, які могли бути використані, наприклад, для сільськогосподарських і тваринницьких потреб. Так, вітрова турбіна потужністю 1 МВт вимагає до 15 га землі. Для заміни тільки однієї АЕС потужністю 4 ГВт треба було б спорудити близько чотирьох тисяч таких вітрових турбін. Вітроагрегати близько один до одного ставити не можна, так як вони можуть створювати взаємні перешкоди в роботі, «відбираючи вітер» один від іншого.

– У зв'язку з цим багато вітрові електростанції розташовуються в пустельних областях або прибережних водах, що, в свою чергу, вимагає прокладки протяжних ліній електропередач до споживачів енергії. Слід зазначити: розташування вітрових електростанцій в пустельних областях призводить до виникнення серйозної ерозії ґрунтів, а станції, розташовані в прибережних водах, служать перешкодою для судноплавства.

– Зміни якості пейзажу, особливо, якщо станції розташовувати вгірській місцевості, на пасмі пагорбів або в море, поблизу узбережжя з курортними

зонами. Серйозні руйнування флори і фауни, вплив на популяції диких тварин (особливо птахів і кажанів).

– Працюючі вітродвигуни створюють значний шум, лякаючи птахів і звірів, порушуючи їх природний спосіб життя, а при великому їх скупченні на одному майданчику можуть істотно спотворити природний рух повітряних потоків з непередбачуваними наслідками.

- Особливо потрібно відзначити лугові і лісові пожежі, що виникають із за замикань в електричних кабелях при поворотах турбін до напрямку вітру, а також загибель птахів, кажанів і комах через зіткнення з вітровими турбінами, вежами і пов'язаними лініями електропередач.

- Робота вітрових турбін створює проблеми звукових і ультразвукових впливів на об'єкти навколишнього середовища.

– При близькому розташуванні вітроустановок до осель людей у багатьох жителів проявляється «вітротурбінний синдром» - хвороби серця, дзвін у вухах, запаморочення, напади паніки і мігрені. Генерований вітротурбінами інфразвук викликає вібрації кісток, що може супроводжуватися вищеназваними проявами.

- Електромагнітний вплив, що впливає на роботу телебачення, радарних систем, установок в аеропортах.

– Вежа вітрової турбіни повинна бути масивною і міцною, щоб витримати і масу величезного ротора, і вібрації, що виникають при його роботі. Зареєстровані в останні роки численні обвалення вітрових веж і руйнування турбін часто супроводжуються спалахами. При проектному терміні роботи турбін 20-30 років, руйнування найчастіше відбуваються через 5 років.

Вплив електричних полів, створюваних вітрогенераторами, на здоров'я людини.

Електричні поля промислової частоти є одним з екологічно значущих фізичних факторів електромагнітної природи. Ці поля не є якимось особливим променевим фактором, а представляють лише окремий випадок електромагнітних полів наднизькочастотного діапазону (ННЧ) і складають 50/60 Гц.

Джерела.

Основними джерелами електричних полів промислової частоти є високовольтні лінії електропередачі, відкриті розподільні пристрої (ВРП), електропобутова техніка, електроапаратура, прилади, в яких використовується струм промислової частоти. Екологічна значимість цих полів постійно зростає в силу того, що, з одного боку, постійно зростає мережа ліній електропередач, збільшується їх потужність, а з іншого - розширюється контакт населення з електропобутовою технікою і апаратурою.

Одиниці вимірювань, методи, апаратура.

Одиницею вимірювання електричних полів промислової частоти є величина напруженості (Е), яка вимірюється в вольтах на метр (В / м) або кіловольт на метр (кВ/м): 1 кВ/м – 103 В/м.

Рівень напруженості поля від ліній електропередач є функція номінального значення її напруженості і конструкційно-будівельних параметрів (розмір проводів, відстані між ними, висота над поверхнею землі). У зв'язку з цим, рівні впливу на людей, які перебувають під лініями електропередач, залежать від відстані до струмоведучих частин. Найбільше значення реєструється при знаходженні безпосередньо під проводами і по центру між опорами. З видаленням в сторону від осі лінії і ближче до опор рівні напруженості поля швидко зменшуються до своїх мінімальних значень. Природно припустити, що максимальні рівні напруженості поля, з якими може зустрітися людина, знаходяться в безпосередній близькості до струмоведучих проводів.

Для вимірювання напруженості електричних полів промислової частоти застосовуються ПЗ-1 і NFM-1 (Німеччина). Вимірювання проводяться в місцях знаходження людей при неспотвореному полі. Вони проводяться на висоті 0,8 м від поверхні землі при відсутності захисних засобів і на висоті 0,5; 1,0 і 1,8 м - при наявності колективних засобів захисту.

Вимірювання проводяться при початку експлуатації нових енергоустановок, змін конструкційних особливостей і організації засобів захисту. Поточний екологічний нагляд здійснюється 1 раз в рік.

Нормування.

Згідно вимог, на відкритій території зони житлової забудови рівень напруженості ЕП ПЧ не повинен перевищувати 1,0 кВ / м, а всередині житлових будинків - 0,5 кВ / м. Даний рівень не повинен перевищувати з урахуванням 24-годинного перебування.

Медико-біологічні аспекти впливу електричних полів.

Електричні поля промислової частоти в тілі людини наводять електричні струми, причому їх максимальні величини - в нижніх частинах ніг - складають 15 мкА / кВ / м. У людини в поле з Е = 6-8 кВ / м наведені струми становлять 90-120 мкА. Вони прагнуть пройти в землю, внаслідок чого створюється різниця потенціалів між людиною і землею. Якщо людина ізольована від землі, то в місці контакту з заземленням вона буде відчувати відчуття розряду електричного струму. У біологічному плані струми стають відчутними при проходженні їх по тілу, наприклад, від однієї кінцівки до іншої, при величині 500 мкА. При більшому значенні вони можуть викликати реакцію короткочасного електроудару, хоча цілком слабкого і нешкідливого. Іскрові розряди виникають при напруженості електричного поля промислової частоти понад 3 кВ / м і нагадують удари статичної електрики в суху погоду. Наведені струми від ЛЕП при проходженні на землю за силою впливу менше або еквівалентні в першому наближенні наведеним струмам, що виникають при користуванні побутовими електроприладами.

Результати експериментальних досліджень показали, щоб викликати потенціал дії в нервовій клітині, наведені струми повинні бути порядку 10-20 А /м. Порогова величина щільності струму, що викликає потенціал дії в клітині, становить 1 А / м. Проведені розрахунки свідчать, що при зовнішньому полі 10 кВ / м (50/60 Гц) наведені струми в тілі людини набагато менше навіть цієї величини. Так, у заземленої людини вона в області голови становить

0,6 мА / м^2, шиї - 5,5 мА / м^2, в паховій області і області ступень - 2,5 і 20 мА / м відповідно.

На думку деяких дослідників, які серйозно займалися цією проблемою, позакліткове поле, провоковане зовнішнім електричним полем, може вважатися безпечним, якщо його величина не перевищує рівень ЕП живих тканин. На основі ЕКГ і ЕЕГ визначена щільність струму нервової тканини, що дорівнює 1 мА / м. Наведені вище дані по наведених струмах в тілі людини, що знаходиться в електричних полях промислової частоти напруженістю 10 кВ / м^2, набагато вище цієї величини.

На сьогоднішній день не склалося чіткого уявлення про несприятливому дії електричних полів промислової частоти рівнями, що не перевищують ПДУ для населення. На основі результатів численних епідеміологічних досліджень, де вивчався широкий діапазон клінічних показників, віддалені можливі наслідки, включаючи ризик виникнення злоякісних новоутворень, лейкемії, смертність, зробити висновок про небезпеку впливу на людину рівнями не вище ПДУ для населення, не можна.

Однак при впливі інтенсивностями, що значно перевищують ПДУ для персоналу, безпосередньо зайнятого експлуатацією та обслуговуванням електроенергетичних установок, виявляється строката клінічна симптоматика, характерна для невротичного симптомокомплексу і ряду вегетативних проявів.

Забезпечення екологічної безпеки.

В основі забезпечення екологічної безпеки дії електричних полів промислової частоти лежить застосування інженерно-технічних заходів колективного захисту: захист «відстанню», захист екрануванням і заземленням.

Серед колективних заходів захисту на перший план виступає ряд попередніх заходів, що проводяться на етапах проектування ліній електропередач. Це недопущення проведення житлової забудови в безпосередній близькості від ліній електропередач, де рівні інтенсивності електричних полів перевищують ПДУ для населення, визначення зон неприпустимого перебування населення, а також попередження їх випадкового потрапляння в ці зони.

Поширеними колективними засобами інженерно-технічного захисту від дії електричних полів промислової частоти є екранування при допомозі спеціальних навісів, козирків. Екранувальні навіси виготовляються з паралельних провідників (діаметр 3-5 мм, відстань між ними 20 см) і розташовуються на висоті 2,5 м над пішохідними доріжками.

При цьому кратність захисту під серединою навісу досягає 17, у краю - 5. Екранувальні козирки, використовувані в якості захисту, виготовляються у вигляді сіток з такого ж матеріалу з розміром осередків 5-10 см з кратністю захисту, рівним 6. Для проходу людей, проїзду автомашин, сільськогосподарської техніки під високовольтними лініями електропередач організовують пристосування, які стосуються колективних засобів захисту. Зокрема, до них відноситься скорочення відстаней між опорами, застосування екрануючих тросів, навісів, натягнутих на заземлених опорах. У ряді випадків на установках 400 і 500 кВ на відстані 4,5 м і 750 кВ на відстані 6 м до струмоведучих частин встановлюються екрани. У всіх випадках екрануючі пристрої підлягають заземленню з величиною опору заземлювального пристрою 10 Ом.

Але незважаючи на недоліки, енергозбереження має знайти вираження в економічній та екологічній політиці всіх країн і регіонів світу. Саме тому, прийнятний шлях - це розвиток поновлюваних джерел енергії (сонячна енергія, гідроенергія, вітрова енергія, енергія біомаси і т.д.).

У більшості країн світу поновлювана енергетика є розвитком енергетичної галузі. Інвестиції в даний напрямок зросли за останні десять років більш ніж в чотири рази і сьогодні складають п'яту частину від сумарних світових інвестицій в енергосектор (за даними на кінець 2014 року, їх обсяг досяг $ 150 млрд.). Але, на жаль, відсоток використання альтернативних джерел в загальному балансі енергетичних витрат залишається вкрай незначним, ця енергія все ще є дорогою у використанні і обслуговуванні. Її використовувана сумарна потужність становить 160 ГВт, або 4% від загальносвітового енергоспоживання.

Скорочення енергоємності ВВП в 2,5 рази, передбачене Енергетичною стратегією України за рахунок структурного та технологічного енергозбереження, призведе до того, що даний показник наблизиться до сучасного рівня промислово розвинених країн (близько 0,20 кг нафтового еквівалента на $ 1 ВВП). З огляду на, що ціни на енергоносії стабільно ростуть, такий варіант для регіону набуває особливої важливості у зв'язку з необхідністю посилення енергетичної безпеки країни.

1.4. Сценарії розвитку світової вітроенергетики

Розглянемо три можливі сценарії розвитку вітрової енергетики. Найбільш консервативний з них Вихідний сценарій - базується на прогнозах доповіді про перспективи світової енергетики, підготовленого Міжнародним енергетичним агентством в 2015 році. Ця доповідь містить дані про розвиток всієї відновлюваної енергетики, включаючи вітрової, до 2030 року. Використовуючи дослідження Аерокосмічного центру Німеччини, ми екстраполювали дані Міжнародного енергетичного агентства на період до 2050 року.

Помірний сценарій розрахований з урахуванням всіх заходів з підтримки відновлюваної енергетики в глобальному масштабі, як уже реалізованих, так і планованих. Сценарій передбачає, що цілі щодо розвитку відновлювальної енергетики, прийняті в багатьох країнах, будуть успішно досягнуті. У сценарії робиться припущення, що досягнутий в Європі успіх при реалізації поставлених ЄС цілей з розвитку вітрової енергетики, буде реалізований у всьому світі.

Оптимістичний сценарій відповідає схемам розвитку, представленим в доповідях «Енергія вітру - 10» (Wind Force 10) і «Енергія вітру - 15» (Wind Force 15), поблікуємих Європейською асоціацією вітрової енергії (EWEA) і Грінпіс Інтернешенел. У доповідях досліджується можливість досягнення вітровою енергетикою 10%, а потім 12% від загального обсягу виробленої електроенергії до 2020 року. В оптимістичному сценарії робиться припущення, що всі рекомендовані заходи з підтримки відновлюваної енергетики, наведені в цьому звіті, будуть сприйняті і світ проявить достатню політичну волю для реалізації цих заходів.

Дані про встановленої потужності до 2020 року не носять сценарний характер і будуються в більшій мірі на реальних прогнозах. Це пов'язано з тим, що наявні відомості базуються на інформації від самих вітроенергетичних компаній і відображають очікуване зростання світового ринку на найближчі 5 років. Розвиток вітрової енергетики після 2015 року спрогнозувати набагато складніше. Проте, запропоновані сценарії показують, чого можна досягти, якщо ринок вітрової енергетики буде отримувати певні стимули.

Прогнози в області енергоспоживання.

Розглянуті сценарії зіставляються з двома варіантами розвитку ситуації в енергоспоживанні. Важливо відзначити, що сценарії не припускають, що зростаючий попит неминуче тягне збільшення поставок електроенергії. З урахуванням того, що попит повинен бути знижений в результаті здійснення заходів щодо усунення загрози зміни клімату, енергоефективність розглядається як важливий елемент в пропонованих сценаріях.

Найбільш консервативний варіант розвитку ситуації в електроспоживанні - Консервативний прогноз - заснований на даних доповіді Міжнародного енергетичного агентства «Перспективи світової енергетики» (World Energy Outlook, 2015), екстраполювати на період до 2050 року. У цій доповіді не приймаються в розрахунок ніякі нові політичні ініціативи, і допускається, наприклад, збереження статус-кво по відношенню до атомної енергетики. За прогнозами МЕА, «у відсутності нових урядових стратегій, світовий попит на енергоресурси буде неухильно зростати». Як наслідок світове споживання електроенергії практично подвоїться до 2030 року, досягнувши 25 667 ТВт • рік в порівнянні з 13 423 ТВт • рік в 2013 році. До 2050 року щорічне електроспоживання досягне 37 935 ТВт • рік.

Прогнозами Міжнародного енергетичного агентства протиставлені результати дослідження в галузі енергозбереження Аерокосмічного центру Німеччини і Екофіс консалтансі (Ecofys consultancy). У дослідженні запропоновані оптимістичні сценарії розвитку з урахуванням здійснення заходів в області енергозбереження. В основі пропонованих сценаріїв -

застосування в майбутньому самої передової практики і технологій, що існують на сьогодні, а також допущення, що розвиток в області інноваційних технологій не зупиниться на досягнутому.

Енергоефективний прогноз, заснований на моделях, запропонованих Аерокосмічним центром Німеччини і Екофіс консалтансі, показує ефект, який дає енергозбереження при вирішенні глобальної проблеми зростаючого попиту на електроенергію. Незважаючи на те, що в даний час представлена велика кількість технологій та ініціатив в галузі енергозбереження, їх поширення обмежене різними перешкодами у вигляді вартісних обмежень і так далі. Але, незважаючи на ці обмеження, що розглядається прогноз передбачає зростання електроспоживання менш ніж на 30% до 2030 року (17,786 ТВт • рік). Відповідно до Енергоефективних прогнозів, зростання електроспоживання до 2030 року передбачається на 39% нижче, ніж в консервативний прогноз.

Основні результати.

Сценарії розвитку світової вітроенергетики показують, що навіть при початковому варіанті частка вітрової енергетики в світовому виробництві електроенергії може досягти 5% до 2030 року і 6,6% до 2050 року. Ці показники досягаються в разі якщо збудеться Енергоефективний прогноз розвитку світового попиту на електроенергію.

За помірним сценарієм при здійсненні масштабних заходів в галузі енергозбереження вітрова енергетика може забезпечити 15,6% світового виробництва електроенергії до 2030 року і 17,7% до 2050 року.

В оптимістичному сценарії при масштабних енергозберігаючих заходах вітрова енергетика забезпечує 29,1% світового виробництва електроенергії до 2030 року і 34,2% до 2050 року.

Вироблена енергія вітростанцій, яку не можна буде використовувати в енергомережах при рівні інтеграції, передбаченому в оптимістичному сценарії, повинна або акумулюватися, або йти на потреби нових секторів, таких як транспорт. В даний час проводяться серйозні дослідницькі роботи з розвитку і вдосконалення подібних технологій.

Отримані результати показують, що глобальний попит на чисту відновлювальну енергію в найближчі 30 років може бути задоволений не тільки за рахунок простого розвитку вітрової енергетики. Частка вітрової енергетики в системі енергопостачання може бути значно збільшена за рахунок реалізації масштабних заходів в галузі енергозбереження.

Докладніший аналіз розвитку світової вітроенергетики показує, що діапазон результатів залежить від вибору сценарію розвитку попиту і передбачуваних припущень при визначенні темпів зростання вітроенергетики.

Вихідний сценарій передбачає щорічний 15% зростання встановленої потужності вітрової енергетики до 2020 року і 10% зростання до 2025 року. Потім передбачається поступове зниження темпів зростання до 3% до 2050 року.

В результаті, до кінця 2020 року загальна встановлена потужність вітрової енергетики в світі повинна досягти майже 113 ГВт, до 2030 року - понад 230 ГВт і до 2040 року - майже 364 ГВт. До кінця сценарію, в 2050 році загальна встановлена потужність вітрової енергетики в світі повинна перевищити 557 ГВт. Щорічний обсяг введення нових потужностей складе до цього періоду 34 ГВт.

Частка вітрової енергетики у виробництві електроенергії варіює залежно від прогнозу розвитку енергоспоживання. Згідно Консервативному прогнозу, внесок вітрової енергетики повинен збільшитися з 1,5% в 2020 році до 4% в 2050 році. При енергоефективності прогнозу розвитку попиту збільшення складе від 1,8% у 2020 році до 6,6% в 2050 році.

Згідно помірного сценарію, очікуваний щорічний ріст встановленої потужності значно вище, ніж у вихідний сценарій. Аж до 2020 року зростання складе 19%, з 2021 до 2024 рр. - 16%, з 2025 до 2030 рр. - 15%. Потім, до 2035 року очікується зниження темпів зростання до 10%, з подальшим падінням до 5%.

В результаті, до 2020 року загальна встановлена потужність вітрової енергетики в світі може досягти 560 ГВт і майже 1 129 ГВт до 2030 року. До кінця сценарного періоду - 2050 р. - загальна встановлена потужність вітрової енергетики в світі має зрости до 1 557 ГВт. Щорічний обсяг нововведених потужностей складе майже 71 ГВт.

Частка вітроенергетики в світовому виробництві електроенергії збільшиться при консервативних прогнозах попиту з 1,8% в 2020 році до 10,8% в 2050 році. При енергоефективності варіантів розвитку попиту на електроенергію збільшення складе з 2,2% в 2020 році до 17,7% в 2050 році. Оптимістичний сценарій передбачає ще більш стрімкий розвиток світового ринку вітроенергетики. Найбільш швидке зростання припадає на перші два десятиліття. Щорічне збільшення встановленої потужності складе 20% до 2025 року з подальшим зниженням темпів зростання до 17%. У період з 2020 до 2025 рр. цей показник складе 10% з подальшим зниженням до 5%. В результаті до кінця поточного десятиліття загальна встановлена потужність вітрової енергетики в світі повинна досягти майже 154 ГВт, до 2020 році - 1 073 ГВт і до 2030 року - близько 2 110 ГВт. До кінця сценарію, в 2050 році загальна встановлена потужність вітрової енергетики повинна перевищити 3 010 ГВт. Щорічний обсяг введення нових потужностей до цього періоду становитиме 150 ГВт.

Частка вітрової енергетики в світовому виробництві електроенергії при консервативному прогнозі розвитку попиту збільшиться з 2,1% в 2020 році до 20,9% в 2050 році. При енергоефективності прогнозу частка вітроенергетики збільшиться з 2,4% в 2020 році до 34,3% в 2050 році.

Розподіл по регіонах

У всіх трьох сценаріях регіональний розподіл розвитку вітрової енергетики зроблено на основі методології Міжнародного енергетичного агентства з подальшою диференціацією для Європи. Ми роз приділили регіони в такий спосіб: Європейський Союз (сучасний склад ЄС), інші країни Європи (що не входять до складу ЄС), країни з перехідною економікою (держави колишнього СРСР, крім країн, що входять в ЄС) , Північна Америка, Центральна і Південна Америка, Східна Азія, Південна Азія, Китай, Близький Схід, Африка, країни Тихоокеанського регіону (включаючи Австралію, Південну Корею і Японію).

Враховуючи теперішні дані по забезпеченню вітроенергетикою ми

рахуємо, що при самому обережному вихідному сценарії Європа буде домінувати на ринку вітроенергетики. До 2030 року в Європі як і раніше буде зосереджений 51% світового ринку вітрової енергетики. Слідом за Європою 26% ринку доведеться на Північну Америку. Наступним за величиною ринком стане Китай з 7%.

У двох інших більш просунутих сценаріях передбачається значне зростання поза Європейським Союзом, домінуючого в даний час. Згідно помірного сценарію, до 2030 року частка Європи знизиться до 26%, при домінуванні Північної Америки з 30% і значне зростання частки Центральної і Південної Америки (11%), Китаю (8%), Тихоокеанського регіону (8%) і Південної Азії, включаючи Індію (7%).

Згідно оптимістичного сценарію, очікується більш ніж значний внесок з боку Азії і Південної Америки з часткою Китаю, що досягає 16% до 2030 року, Південної Америки - 9% і Тихоокеанського регіону - 7%. Частка Європи складе всього 19% від загальної встановленої потужності вітрової енергетики в світі. З урахуванням повільних темпів розвитку і збереженні ринкових бар'єрів внесок країн з перехідною економікою буде менш значним, ніж очікувалося раніше.

У всіх трьох сценаріях передбачається, що збільшення частки нових потужностей вітроенергетики йде з урахуванням заміни тих потужностей, що вибувають. Це пов'язано з тим, що термін експлуатації вітрових турбін становить в середньому 20 років. Турбіни, що заміщаються в сценарний період, мають ту ж встановлену потужність, що і нововведені установки. В результаті, в частці нововведених потужностей буде рости частка потужностей, що йдуть на заміну тих вітроустановок, що вибувають. Ці потужності, впливаючи на обсяги інвестицій, рівень виробництва і зайнятість, не дають при цьому збільшення загальної встановленої потужності.

Основні прогнози і параметри

1. Темпи зростання

Оцінки зростання ринку в розглянутих сценаріях засновані на історичних даних і інформації, отриманої від аналітиків, які працюють на ринку вітрових турбін. Темпи зростання понад 20% на рік, що наводяться в оптимістичному

сценарії, є дуже високими для важкого машинобудування. Однак вітрова індустрія в останні роки демонструє набагато більш високі темпи зростання. З 2010 року середнє щорічне зростання загальної встановленої потужності у вітроенергетиці становить 28%.

Необхідно також взяти до уваги той факт, що, незважаючи на зменшення темпів зростання до перших відсотків до кінця сценарного періоду, абсолютні значення встановленої потужності, досягнуті за 30 років, створять ситуацію, при якій навіть невеликий щорічне відсоткове зростання на практиці буде мати на увазі значний обсяг знову введенних експлуатацію в мегаватах.

2. Потужність вітроустановок

Встановлена потужність вітроустановок постійно зростає. Середня потужність вітрових турбін, введених в світі в 2015 році, становила 1,2 МВт. У той же час потужність найбільших турбін перевищує 5 МВт. У сценаріях робиться обережне припущення, що середня потужність поступово збільшиться до 2 МВт до 2025 року з подальшою фіксацією на цьому рівні. Однак, можливо, що на практиці ці цифри виявляться вище. Зі збільшенням середньої одиничної потужності буде затребувана менша кількість вітроустановок для досягнення заявлених цілей.

3. Ефективність використання встановленої потужності

Ефективність використання встановленої потужності - це індикатор того, наскільки ефективно працюють турбіни. Цей фактор відображає кількість годин на рік, протягом яких турбіна працює на номінальній потужності. Середнє значення ефективності вітрових турбін становить 24%. Відповідно до пропонованих сценаріїв, передбачається, що ефективність вітроустановок буде стабільно рости за рахунок вдосконалення технологій і більш вдалого розміщення вітрових парків. Крім того, середні значення ефективності будуть збільшуватися за рахунок будівництва нових вітропарків у відкритому морі (особливо в Європі), де швидкості вітру вище і вітрові потоки відрізняються більшою стабільністю.

У сценаріях робиться припущення, що середнє значення ефективності використання встановленої потужності збільшиться до 2025 року до 28% і досягне до 2036 року 30%.

4. Капітальні витрати і коефіцієнт прогресу

Капітальні витрати на виробництво вітрових турбін протягом останніх 20 років неухильно знижувалися в результаті оптимізації технології виробництва, за рахунок концентрації на одній моделі з трьома лопатями з можливістю регулювання кута атаки і контрольованою швидкістю обертання, а також за рахунок масового серійного виробництва і автоматизації цього виробництва.

Розраховано, що за рахунок продуктивності праці витрати знижуються приблизно на 20% при кожному подвоєнні кількості виробленої продукції. 20% зниження розглянутих витрат означає, що коефіцієнта прогресу (або ставка кривої навчання) дорівнює 0,80 або 80%.

Аналіз розвитку вітрової індустрії показав, що науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи дозволили знизити рівень витрат на 15-20%, що еквівалентно коефіцієнту прогресу рівному 0,85-0,80. Ми брали до уваги зниження витрат від кількості випущених одиниць товару, тобто вітроустановок, а не їх потужності. Відповідно, в розрахунку було враховано збільшення середнього розміру турбіни.

Коефіцієнт прогресу, згідно з цим дослідженням, до 2020 року дорівнюватиме 0,90. Потім він скоротиться до 0,92. Після 2025 року, коли, як очікується, рівень світового виробництва досягне свого піку, коефіцієнт прогресу знизиться до 0,98.

Підставою для такого роду припущень, особливо для перших років сценарного періоду, стало те, що виробнича база вітроенергетики поки не отримувала всіх вигод від масового серійного виробництва і особливо від різкого зростання якості продукції. До сих пір не повністю реалізований потенціал удосконалення дизайну вітроустановок. Але навіть за таких умов витрати на виробництво вітроустановок як і раніше значно скорочуються і

вітрова індустрія увійшла в так звану стадію комерціалізації в розумінні теорії кривої навчання.

У 2015 році питома вартість 1 кВт встановленої потужності становила в середньому 1000 євро. Передбачається, що вона буде стійко знижуватися до 912 євро до 2020 року і до 784 євро до 2025 року. Ближче до кінця сценарного періоду вартість стабілізується. Всі дані приведені до цін 2015 року.

Витрати і прибуток

1. Інвестиції

Привабливість ринку вітрової енергетики для інвесторів залежить від ряду факторів. У тому числі: від капітальних витрат, наявності фінансових ресурсів, цінового режиму на відпускну електрику і очікуваного рівня прибутку.

Обсяг інвестицій у вітроенергетику, що розглядається в пропонованих сценаріях, зроблений на основі щорічної оцінки з урахуванням зниження питомої вартості 1 кВт встановленої потужності, розглянутого раніше.

Згідно з вихідними сценарієм, річний обсяг інвестицій у вітроенергетику складе 10,7 мільярдів євро до 2020 року, збільшиться до 21,2 мільярдів євро до 2030 року і досягне піку в 2050 році - 28,8 мільярдів євро.

Згідно помірного сценарію, річний обсяг інвестицій у вітрову енергетику досягне 18,2 мільярди євро до 2020 року, збільшиться до 62,4 мільярдів євро до 2030 року. Пік інвестицій припаде на 2040 рік - 74,9 мільярдів євро.

Згідно оптимістичного сценарію, річний обсяг інвестицій складе 23,2 мільярди євро до 2020 року і досягне піку до 2020 року зі 141 мільярдом євро. Потім почнеться повільний спад і до 2050 року обсяг інвестицій складе 112,1 мільярдів євро в рік.

Наведені розрахунки можуть здатися завищеними. Однак їх слід розглядати в контексті загального рівня інвестицій в світову енергетику. Наприклад, в 1990-х роках обсяг інвестицій в енергетичний сектор досягав 158-186 мільярдів євро в рік.

2. Собівартість електроенергії

При розрахунку собівартості електроенергії, виробленої вітровими станціями, необхідно враховувати різні параметри. Найбільш важливі з них - це капітальні витрати і очікуваний обсяг виробленої електроенергії. Останній параметр багато в чому залежить від вітрових умов розташування вітростанції: вибір оптимальної площадки - умова економічної життєздатності проекту. Серед інших важливих чинників необхідно виділити експлуатаційні та амортизаційні витрати, термін експлуатації турбіни і ставку дисконтування.

Таким чином, собівартість 1 кВт • год електроенергії традиційно розраховується виходячи з дисконтування і розподілу капітальних, експлуатаційних та амортизаційних витрат протягом терміну експлуатації вітрової турбіни і перерахунку отриманих витрат по відношенню до річного обсягу виробленої електроенергії. Собівартість кіловат-години виробленої електроенергії, відповідно, розраховується як середня собівартість за весь термін служби турбіни, яка зазвичай становить 20 років. Насправді реальна собівартість кіловат-години виявляється нижче на початку терміну експлуатації турбіни, завдяки меншим експлуатаційним і амортизаційним витратам, і збільшується з терміном служби установки.

З урахуванням всіх зазначених факторів собівартість електроенергії в даний час коливається в межах від 4-5 євроцентів / кВт • год для вітропарків з сильними і постійними вітрами до 6-8 євроцентів / кВт • год для вітропарків зі швидкостями вітру нижче середніх значень.

Однак за останні 15 років ефективність вітрових турбін зросла завдяки поліпшеному дизайну, більш вдалому розміщенню вітропарків і збільшення висоти вітроустановок. Це забезпечило зростання ефективності вітрових турбін на 2-3% в рік. Крім того, можна стверджувати, що при подальшій оптимізації виробництва капітальні витрати також знизяться.

В результаті очікується, що до 2020 року собівартість виробленої електроенергії знизиться до 3-3,8 євроцентів / кВт • год для вітропарків з сильними і постійними вітрами і до 4-6 євроцентів / кВт • год для вітропарків зі швидкостями вітру нижче середніх значень. До 2050 року собівартість знизиться до значень від 2,8-3,5 до 4,2-5,6 євроцентів / кВт • год відповідно.

Наведені розрахунки не включають так звані «зовнішні витрати», пов'язані з виробництвом електроенергії. Загальновизнано, що поновлювані джерела енергії в порівнянні з традиційними - вугіллям, газом, нафтою і ядерною енергетикою - більш вигідні з екологічної та соціальної точок зору. Дані переваги повинні враховуватися при розрахунках собівартості електроенергії, що відпускається. Тільки при цьому буде забезпечена справедлива конкурентне середовище для різних секторів електроенергетики. Дослідницький проект екстерном (ExternE project), який фінансується Європейською Комісією, оцінив величину зовнішніх витрат для газової енергетики в розмірі 1,1-3,0 євроцентів / кВт • год і для вугільної енергетики - 3,5-7,7 євроцентів / кВт • год .

Крім того, пропоновані розрахунки не включають ризики, пов'язані з нестабільністю цін на викопне паливо. Оскільки вітрова енергетика не має паливної складової, вона не входить в групу ризику, в яку потрапляють такі сектора ПЕК, як газовий, і нафтовий. Таким чином, істотне збільшення частки вітрової енергетики у виробництві електроенергії знизить ризик зростання цін на енергію. В умовах обмеженості запасів вуглеводневої сировини і високою нестійкості цін на викопне паливо, переваги вітрової енергетики стають все більш очевидними.

Слід також додати, що в розрахунок не бралися витрати на будівництво традиційних теплових електростанцій і їх паливозабезпечення, яких вдасться уникнути при розвитку вітрової енергетики. Облік цих витрат ще більше покращує економічні показники вітрової енергетики.

3. Занятість

Забезпечення зайнятості є важливим показником, що підсилює інші переваги вітрової енергетики. Високий рівень безробіття - фактор, що перешкоджає розвитку економіки в багатьох країнах світу. Будь-яка технологія, яка приваблює велику кількість трудових ресурсів, як кваліфікованих, так і некваліфікованих, є економічно значимою. Це в свою чергу представляє собою сильний аргумент при прийнятті політичних рішень в питанні вибору енергетичної стратегії.

Ефект, пов'язаний з вирішенням проблеми зайнятості за рахунок розвитку вітрової енергетики, був вивчений в ході досліджень, що проводилися в Німеччині, Данії та Нідерландах. У розглянутих сценаріях робиться припущення, що введення кожного нового мегавата в вітровій енергетиці буде супроводжуватися створенням 16 робочих місць за рахунок основного виробництва і поставок комплектуючих. Крім того, 5 додаткових робочих місць буде створюватися за рахунок будівництва вітрових парків, зведення вітроустановок і в сферах, безпосередньо не пов'язаних з вітровою енергетикою. З оптимізацією процесу виробництва до 2030 року даний показник знизиться до 11 робочих місць у сфері виробництва. У сфері розвитку та будівництва зайнятість складе 5 робочих місць. На додаток до цього експлуатація вітрових станцій і їх технічне обслуговування забезпечить створення 0,33 робочих місць на кожен мегават потужності.

Кількість робочих місць, створених на ринку вітрової енергетики, згідно з вихідними сценарієм, складе більше 241 000 до 2020 року, понад 481 000 до 2030 року і порядку 653 000 до 2050 року. У Помірному сценарії ці показники збільшаться до понад 390 000 робочих місць до 2020 року, досягнуто майже 1,1 мільйона до 2030 року і складуть 1,4 мільйона робочих місць до 2050 року. При оптимістичному сценарії рівень зайнятості зросте до 2,9 мільйона робочих місць до 2020 року і знизиться до 2,8 мільйона до 2050 року.

4. Зниження викидів вуглекислого газу

Зниження викидів вуглекислого газу - одне з найбільш важливих екологічних переваг вітрової енергетики. Вуглекислий газ є одним з основних елементів, які поглиблюють парниковий ефект, який веде в свою чергу до катастрофічних наслідків, пов'язаних зі зміною клімату.

У той же час сучасні вітрові технології відрізняються дуже хорошим енергетичним балансом. Викиди вуглекислого газу, пов'язані з виробництвом, спорудженням та обслуговуванням вітрових турбін при середньому терміні їх експлуатації 20 років, компенсуються протягом перших трьох-шести місяців роботи вітроустановок.

Обсяг вигоди, одержуваної від зниження викидів вуглекислого газу, залежить від того, який вид палива (комбінація видів палива) заміщується за рахунок вітрової енергетики. Розрахунки Всесвітньої енергетичної ради (World Energy Council) показують, що в разі, якщо вугілля і газ залишаться основними джерелами отримання електроенергії протягом 20 років (з тенденцією переважання газу), то середній обсяг зниження викидів вуглекислого газу за рахунок розвитку вітрової енергетики складе 600 тонн на кожен ГВт • год електроенергії, виробленої на вітрових установках.

Дане припущення підкріплюється тим фактом, що до 2020 року більше половини сукупної встановленої потужності вітрової енергетики буде представлено в країнах OECD (Північна Америка, Європа і Тихоокеанський регіон). В інших регіонах скорочення викидів CO_2 буде ще вище внаслідок заміщення розповсюдженних неефективних електростанцій, що працюють на вугіллі.

З урахуванням прийнятих припущень очікуване щорічне скорочення викидів CO_2 складе, відповідно до вихідних сценаріїв, 339 мільйонів тонн до 2020 року і 910 мільйонів тонн до 2050 року. Сукупна скорочення викидів CO_2 за весь сценарний період складе 22 800 мільйонів тонн.

Згідно помірного сценарію, щорічне скорочення викидів складе 825 мільйонів тонн CO_2 до 2020 року і 2 455 мільйонів тонн до 2050 року. Сукупна скорочення викидів за весь аналізований період складе 62 150 мільйонів тонн.

Згідно оптимістичного сценарію, щорічне скорочення викидів до 2020 року складе тисячу п'ятсот вісімдесят дві мільйонів тонн і 4 700 мільйонів тонн до 2050 року. Сукупна скорочення викидів CO_2 за весь сценарний період складе 113 600 мільйонів тонн.

Отже, враховуючи вищесказане можна констатувати, що збільшення частки вітрової енергетики благотворно позначається на вартості електроенергії для кінцевого споживача, особливо якщо брати до уваги вигоду від зниження викидів двоокису вуглецю, зменшення негативного впливу на здоров'я людини і навколишнє середовище.

Висновок до першого розділу

Аналіз стану і розвитку світової вітряної енергетики показав, що лідируючої позиції на ринку вітрової енергії за сукупною встановленою потужністю займає Європа, яка ось уже на протязі декількох років є постійним лідером на ринку вітроенергетики, не дивлячись на те, що її частка з кожним роком знижується за рахунок розвитку даного напрямку на інших континентах.

Щорічно потужність енергії, отриманої з вітру, в Європі збільшується на 30%, а ринок відповідного обладнання - на 25%. Якщо в 2014 році встановлена потужність на європейському ринку вітроенергетики зросла на 7,619 МВт, то в 2015 цей показник склав уже 8,554 МВт, в результаті загальний результат дорівнював 56,535 МВт.

При виконанні завдання аналізу основних шляхів розвитку сучасних вітроустановок, в роботі проведено порівняння двох основних великих напрямків у вітроенергетиці:

- Вітроелектричні установки малої потужності, призначені для забезпечення автономного електропостачання ізольованих об'єктів і об'єктів, віддалених від електричних мереж;

- Великі вітропарки на базі вітроелектричних установок мегаватного класу, що працюють у складі об'єднаних енергосистем.

На основі аналізу був зроблений висновок про пріоритети другого напрямку розвитку великих вітростанцій (від 1 до 5 МВт) в порівнянні зі станціями меншої потужності з рядом переваг вітропарків перед індивідуальними вітроелектричними установками.

При вирішенні завдання аналізу можливих варіантів схем електричних з'єднань вітропарків в роботі показано виконання схем по трьох основних типів: по магістральному, радіальному або змішаним принципом. На основі аналізу був зроблений висновок про переважне застосування на території України радіальної схеми зєднання з головною підстанцією в геометричному центрі парку.

При виконанні завдання впливу роботи вітроустановок на зміну навколишнього середовища в порівнянні з традиційною енергетикою, в роботі проаналізовано можливе погіршення екологічної ситуації в світовому просторі в зв'язку з роботою енергоустановок традиційної енергетики. На основі аналізу був зроблений висновок про перспективи та переваги застосування енергоустановок альтернативної енергетики яка менш забруднює навколишнє середовище.

Скорочення енергоємності ВВП в 2,5 рази, передбачене Енергетичною стратегією України за рахунок структурного та технологічного енергозбереження, призведе до того, що даний показник наблизиться до сучасного рівня промислово розвинених країн.

Розглянуто три можливі сценарії розвитку вітрової енергетики: консервативний, помірний та оптимістичний. При консервативному сценарії частка вітрової енергетики в світовому виробництві електроенергії може досягти 5% до 2030 року і 6,6% до 2050 року. В помірному вітрова енергетика може забезпечити 15,6% світового виробництва електроенергії до 2030 року і 17,7% до 2050 року. В оптимістичному сценарії при масштабних енергозберігаючих заходах вітрова енергетика забезпечує 29,1% світового виробництва електроенергії до 2030 року і 34,2% до 2050 року.

Збільшення частки вітрової енергетики благотворно позначається на вартості електроенергії для кінцевого споживача, особливо якщо брати до уваги вигоду від зниження викидів двоокису вуглецю, зменшення негативного впливу на здоров'я людини і навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 2. СТАН ВИРОБНИЦТВА ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПО РАЦІОНАЛЬНИМ ПЕРСПЕКТИВАМ ЇЇ РОЗВИТКУ

2.1. Стан енергетичної галузі в Україні та державні плани її розвитку

Процес будівництва української вітроенергетики розпочався у 1996році, коли була спроектована Новоазовська ВЕС проектною потужністю 50 МВт. У 1997 році запрацювала Трускавецька ВЕС. У 2000 році в Україні працювало вже 134 турбіни та закладено близько 100 фундаментів під турбіни потужністю 100 кВт. У 1998–1999роках стали до ладу три нові ВЕС.

Значне, зростання будівництва вітроелектростанцій спостерігається з 2009 року, після запровадження Урядом України «Зеленого тарифу». На кінець 2012 року сумарна потужність вітроелектростанцій в Україні становила близько 263 МВт, які протягом 2012 року виробили 288,2 млн кВт·год електроенергії, що в 3,2 рази більше, ніж у попередньому році (89,5 млн кВт·год).

За минулий 2015 рік в Україні було введено в експлуатацію 16,6 МВт вітрогенеруючих потужностей. За підсумками цього періоду вітроенергетичні установки на материковій частині країни виробили 1 125 млн квт • год електроенергії. Таким чином, частка виробленої ВЕС енергії становить 0,73% від загальрічного обсягу генерації електрики в Україні, або 0,8% від усіх електростанцій материкової частини країни, повідомляється прес-релізі Української вітроенергетичної асоціації (УВЕА).

«Чиста» електроенергія, вироблена за рахунок енергії вітру і поставлена в національну електромережу, дозволила скоротити викиди вуглекислого газу в атмосферу більш ніж на 1 млн 329 тис тонн і забезпечила в еквіваленті понад 2,8 млн домашніх господарств при середньому їх споживанні 400 кВт • год в місяць або 4,5 млн сімей, що живуть в багатоквартирних будинках із середнім місячним споживанням електроенергії 250 кВт • год.

Таким чином, за станом на 31 грудня 2015 року сумарна потужність ВЕС материкової частини України склала 426,2 МВт. Всі ВЕС підключені до енергомережі.

На даний момент дві вітростанції розташовані на непідконтрольній території: Луганський та Краснодонський вітропарки (Луганської області). У той же час, Новоазовський вітропарк (Донецька область) знаходиться практично на лінії розмежування. Проектне будівництво даних ВЕС призупинено. Йдуть правові розгляди щодо статусу зазначених ВЕС на ринку електроенергетики України.

На території окупованого Криму встановлена вітроенергетична потужність залишилася без змін - 87,8 МВт і за попередньою інформацією було вироблено близько 125 млн кВт • год електроенергії. Постачання електроенергії ВЕС, які розташовані на тимчасово окупованій території АР Крим, до Об'єднаної енергетичної системи України припинено з квітня 2014 року.

Пріоритетний напрям наукових досліджень України є створення вітроенергоустановок з можливістю низького розташування генератора і вертикальною позицією вітросприймаючих елементів. Завдяки цьому вдалося досягти примітивізації конструктивної схеми. Вітроенергетична установка зручна в монтажі і легка в експлуатації. Істотним плюсом даної установки є допустимість роботи від вітрових течій різного спрямування. Як наслідок з цього відпадає необхідність дослідити напрямок вітрового потоку при установці і експлуатації.

Україна повністю забезпечена усіма матеріалами для виготовлення вітрових електростанцій усього діапазону потужностей, що застосовуються на практиці - від мікротурбін, використовуваних для зарядки акумуляторів яхт і пунктів радіотелефонного зв'язку, систем обслуговування нафто-, газопроводів, автомобільних доріг, харчування об'єктів сільського господарства і прикордонних застав, до потужних вітроагрегатів, які постачають електроенергію в енергосистеми для покриття існуючого дефіциту і заміщення енергії, що виробляється тепловими електростанціями.

В Україні є фахівці, які мають досвід розробки всього комплексу обладнання, що входить до складу вітроелектростанцій, досвідом створення,

встановлення та налагодження вітроелектростанцій різної потужності. Подібними винаходами займаються: С. О. Кудря, А. О. Рожко, О. М. Адаменко, В. Г. Височанський, В. А. Льотко, М. О. Михайлів і інші.

Інститут відновлюваної енергетики НАН України розробив і виготовив ряд зразків установок з покращеними властивостями і системою буремного захисту. Розроблені в інституті чотири вітротурбіни ФЛ 2500-100 одиничною потужністю 2,5 МВт були введені в експлуатацію на площадці Очаківського вітропарку в Миколаївській області, і дві турбіни Vestas V-112 одиничною потужністю 3,3 МВт - на ВЕС «Старий Самбір-1» в Львівській області. Запропонована нова система буремного захисту, принципово відрізняється від зарубіжних аналогів, яка заснована на використанні чинного перекидального моменту на вітроколесо, утвореного за рахунок різниці в швидкостях повітряного потоку у верхній і нижній частинах вітроколеса. Це істотно збільшує як ефективність роботи системи буремного захисту і підвищує стійкість вітрових установок проти перекидання, так і надійність їх роботи і термін служби в цілому.

Розроблено принципово нові вертикально-осьові вітрові турбіни (ВОВТ) модульного виконання і спеціальний електрогенератор для них, проведені теоретичні опрацювання турбін і генераторів, виготовлений ряд дослідних зразків, що показали перспективність даного напрямку. Також інститут розробив і створив композиційну вітроелектрогенераторну установку з дифузором - ВЕУД, яка може забезпечити дешевою електроенергією споживачів у важкодоступних, віддалених місцях, позбавлених централізованого електропостачання.

С. О. Кудря винайшов вітроенергетичну установку, в якій застосовується проста і ефективна технологія виготовлення лопатей ротора. За попередніми підрахунками ціна ВЕУ 0,5 КВт - 40 тис. грн, 1,0 КВт - 65 тис. грн. А. О. Рожко, запатентував вітроколесо.

Розроблена вертикально-осьова вітроенергетична турбіна (ВОТ). Основною перевагою конструкції такої вітростанції є її незалежне «наведення

на вітер». Необмежена швидкість обертання ротора дозволяє працювати з усіма зустрічающимися вітрами, включаючи штормові. В результаті використання унікального рішення системи ротор-статор, яка «форсує» надходження вітру, а також грамотного рішення електричної схеми та генератора стало можливим перетворення кінетичної енергії вітру в механічну на рівні 39-42% і перетворення механічної енергії в електричну на рівні 90-94 % відповідно. Таким чином, модульний пристрій дозволяє точно зафіксувати навантаження споживача.

Вітроустановка відрізняється від своїх аналогів розташуванням основного обладнання (генератор і акумуляторна батарея) на землі. Відповідно для обслуговування та проведення поточних ремонтів на вітроустановці не потрібно докладати великих зусиль. І, звичайно ж, все це позначається на собівартості такої електроенергії, яка в кінцевому рахунку виявляється дешевшою.

Електричні генератори по патентах України оригінальної схеми і конструкції в обсязі малої серії виготовлені лідируючими компаніями в вітроенергетичної промисловості України ТОВ «Вінд Пауер», ТОВ «Вітряні парки України». З врахуванням технічних рішень AIEC електрогенератори для ВЕС малої потужності випускає ТОВ«Віндкрафт Україна». Всі ці напрацювання є істотним фундаментом для створення в Україні власного виробництва вітроагрегатів всього діапазону потужностей для внутрішнього споживання і на експорт і розвитку вітроенергетики України.

Згідно з відкритими джерелами, уваги також заслуговує розроблена установка, яка може працювати при будь-якому напрямку вітру і швидкості від 3 до 60-80 м / с круглорічно. У комплект вітроустановки входить генератор, мультиплексор, прилад управління апаратурою, зарядка і пристрій захисту акумулятора. Вітростанція проста у виготовленні, і більш того, модель не видає при роботі шуму, так як у неї немає лопатей. При збільшенні швидкості вітру її лопаті стискаються і набувають форми труби.

2.2. Роль і значення вітрової електроенергетики для України та раціональні перспективи її розвитку

За даними Міжгалузевого науково-технічного центру вітроенергетики Національної академії наук України, територія нашої країни має значні ресурси вітрової енергії, які оцінюються у 30 ТВт х год./рік. [12]

Енергетика є однією з найголовніших частин паливно-енергетичного об'єднання, забезпечуючи більш 7,5% всього обсягу промислового виробництва держави.

На сьогоднішній день в Україні побудовано 13 вітроелектростанцій: 10 з яких в окупованому Криму (за попередніми даними працюючі з них тільки 6), по одній ВЕС у Донецькій та Миколаївській областях, і ще одна у Карпатах поблизу м. Трускавець.

Особливо актуальним є розвиток вітроенергетики для Кримського півострова, але в силу невизначеності ситуації з ним, розглядати перспективу будівництва там ВЕС на даний момент вважаємо за недоцільне. На існуючих ВЕС України як правило працюють установки старого зразка, з одиночною потужністю до 600 кВт. Для порівняння: у Європі планується промислове виробництво вітроенергетичних установок одиничною потужністю 6 МВт, а найпоширеніша застосовувана потужність одного вітряка становить 2-3 МВт. В Україні лише починають освоювати випуск установок одиничною потужністю до 2 МВт, до цього випускалися установки по 100-600 кВт. Серед країн колишнього СРСР, лише Україна на сьогодні має налагоджене серійне виробництво ліцензійних ВЕУ. У їхньому виробництві задіяно 20 заводів колишнього військово-промислового комплексу, а зборку вітротурбін для ВЕУ здійснює Дніпропетровський «Південний машинобудівний завод».

На території України придатними для будівництва ВЕС вважаються площі до 7 тис. км^2, це - карпатський, приазовський, донецький, західнокримський, гірнокримський, керченський регіони, Харківська й Полтавська області. За розрахунками науковців, при максимальному

використанні сили вітру в цих регіонах можна було б одержувати електроенергію в обсягах, які б надавали можливість забезпечити до 50% загального енергоспоживання країни. [14]

Таким чином, на території нашої держави склалося нерівномірне енергетичне виробництво, і не всі регіони країни однаково забезпечені електроенергією. Нова державна система організації енергопередач передбачає створення або укрупнення існуючих організацій на двох рівнях: виробництво і збут.

Це означає що один з перспективних напрямків розвитку електроенергетики України - напрямок на виробництво з подальшим продажем цього товару. Це є дуже вигідним товарообігом, так як продаж електрики набагато дорожче продажу безпосередньо самих корисних копалин.

У зв'язку з можливою асоціацією з Євросоюзом, Україна як європейська країна може дуже багато виграти на постачанні електроенергії в інші країни.

За 2015 рік було вироблено 78 млрд. КВт / год. електроенергії, спожито 77 млрд. кВт / год. Зростання виробництва електроенергії склало відповідно 7% і 6%. Енергобаланс виробництва і витрати потужності в осінньо-зимовий період свідчать про дефіцит в країні резервів виробництва електроенергії. За перший квартал 2016 року вироблено 24 млрд. КВт / год, спожито 24 млрд. КВт / год. Зростання виробництва електроенергії склало відповідно 7,5% і 10%.

Тому актуальність використання поновлюваних джерел енергії вельми актуальна на найближчі десятиліття. Можливості використання в Україні нетрадиційної енергетики вельми різноманітна і в довгостроковій перспективі складе заміну традиційній енергетиці. Це забезпечить скорочення витрат на енергозабезпечення, транспорт енергоносіїв і дозволить вирішити екологічні проблеми.

Частка впровадження відновлюваних джерел енергії в Євросоюзі становить приблизно близько 6%. У Сполучених Штатах Америки - 4%, Росії - 1%, а в Україні - 0,7%. Наприклад, в Бразилії і Аргентині вже 50% автомобільного транспорту переведені на біогаз, що зменшує забруднення

атмосфери. Це питання досить актуальне і для Києва. До 2020 р Євросоюз планує довести цей показник до 11%, до 2030 р - до 30%, до 2050 р - до 40%.

Продуктивність використання енергетичних ресурсів в Україні становить 34%, а повинна досягти рівня 60-70% до 2030 - 2040 рр. Ці показники для Японії рівні 40%, Німеччині та США - 38%. Можливо також розвиток цієї галузі енергетики і в Україні.

Україна має всі можливості для бурхливого розвитку альтернативної енергетики на її території. Найперспективніший напрямок для цього це використання енергії вітру і енергії сонця. Можливо широке застосування енергії Сонця для гарячого автономного опалення системи будинків або навіть, можливо, цілого мікрорайону. Пропозиція кабміну полягає в збільшенні частки споживання енергії у вигляді альтернативної енергії.

Безумовно, не можна не згадати про наявні плюси та мінуси для нетрадиційної енергетики.

По-перше, використання наявних джерел ВЕС вже опрацьовано західними фахівцями і за цим методом є міжнародний досвід.

По-друге, існує економічний, екологічний та соціальний аспект використання поновлюваних джерел енергії. Звичайно ж це створення нових робочих місць, очищення самої природи від шкідливих викидів в атмосферу. Але крім очевидних плюсів, звичайно ж, є і мінуси. Розвиток відновлюваної енергетики в Україні стримується низкою негативних факторів, основними з яких є:

– недостатнє нормативно-правове забезпечення;

– відсутність повноцінної стимулюючої політики держави;

– недостатність фінансування науково-дослідних і конструкторських розробок;

– недостатня поінформованість і консерватизм потенційних виробників і споживачів;

– нестача інженерних і наукових кадрів, здатних вирішувати організаційно-технічні, екологічні, економічні проблеми використання відновлюваної енергії;

– велика капіталомісткість проектів ВЕС.

На даний час в структурі встановленої потужності генеруючих джерел переважають теплові електростанції (ТЕС) - 88%, частка гідроелектростанцій (ГЕС) становить всього 12%. Частка ТЕС у загальному обсязі шкідливих викидів підприємств України становить близько 20 - 25%.

Якщо налагодити виробництво енергії на основі поновлюваних джерел, Україна заощадить десятки сотень тонн, які можна експортувати, і при цьому радикально скоротити викиди вуглекислого газу в атмосферу.

Перехід на поновлювані джерела необхідний ще й тому, що на їх основі розвиваються високотехнологічні галузі, є високий науковий потенціал. У Запоріжжі розпочато випуск міні-ВЕУ потужністю до 5 МВт, а в Вінницькій області розпочато випуск біопалива на основі відходів сільгоспвиробництва, перша в країні комбінована сонячно - вітрова система побудована поблизу селища Лазурне Херсонської області.

Важливим завданням розвитку нетрадиційної енергетики є створення ефективних і екологічно прийнятних акумуляторів тепла і електроенергії. Робота по акумулюванню поки знаходиться на стадії розробки, але активно ведуться в напрямку створення теплових, хімічних, водневих, гідро- і пневмоакумуляторів. Нетрадиційна енергетика, яка використовує енергію вітру, сонця, малих річок, термальних підземних вод, біомаси та інших джерел в даний час має високі питомі капіталовкладення в порівнянні з традиційними джерелами енергії. Однак зі зростанням цін на органічне паливо та обмеженнями суспільства, спрямованими на охорону навколишнього середовища, ефективність нетрадиційних джерел енергії буде, безсумнівно, зростати, а розвиток їх стане найважливішим напрямком енергозбереження.

2.3. Рекомендації для працівників органів влади, керівників підприємств і організацій

Здійснюючи управлінську діяльність в регіоні або на підприємстві, кожен керівник і фахівець повинен розуміти - чому проблеми енергозбереження і використання нетрадиційних джерел енергії є актуальним.

Першою і головною причиною є висока енергоємність суспільного виробництва і комунальної сфери, викликана низьким рівнем технологічного оснащення та марнотратним підходом до використання невідновлюваних енергоносіїв. За даними вітчизняних і зарубіжних експертів енергоємність ВВП України становить близько кілограма умовного палива на 1 долар США з урахуванням паритету реальної купівельної спроможності, що в 2,6 рази перевищує середній рівень енергоємності ВВП країн світу. Надмірне споживання енергетичних ресурсів на виробництво одиниці продукції в галузях економіки зумовлює відповідне зростання імпорту вуглеводнів в Україні.

За період з 2005 по 2015 роки зниження енергоємності ВВП забезпечувалося в основному за рахунок впливу в промисловості структурного фактора, а саме, вартість складової енерговитрат у собівартості продукції зменшувалася пропорційно до зростання обсягів виробництва, в результаті чого динаміка зростання ВВП в цей період перевищувала динаміку споживання енергоресурсів.

При цьому слід зазначити, що на даний час структурний фактор, як складова потенціалу енергозбереження, вичерпаний, в зв'язку з чим для збереження існуючих темпів зниження енергоємності ВВП (4-6% щорічно) необхідно терміново задіяти технологічний фактор потенціалу енергозбереження. Інакше, в разі не впровадження кардинальних заходів, відставання показників енергоефективності економіки від показників розвинених країн, стане хронічним. Це, в свою чергу, значно ускладнить в коротко- і середньостроковій перспективі конкурентноздатність вітчизняного продукту на світових ринках.

З метою вдосконалення законодавчої бази, поєднання інструментів державного регулювання та заохочення суб'єктів господарювання до раціонального використання енергоресурсів розроблені проекти Законів України: «Про забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів», «Про комплексну державну програму з енергоефективності», «Про комерційний облік ресурсів, переданих мережами», «Про використання горючих газів як моторного палива», «Про вдосконалення системи нормування паливно-енергетичних ресурсів» і «Додаткових заходів до програми державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідротеплоенергетики».

Значення і реальну користь запропонованих документів важко переоцінити, наведення елементарного порядку в цій сфері в межах всієї країни вже через 2-3 роки дасть економію до 25% енергії.

Особливе місце в проведенні єдиної державної політики в сфері енергоефективності та енергозбереження займають місцеві органи виконавчої влади, залучення яких в активну діяльність дасть можливість забезпечити підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у суспільному виробництві, житлово-комунальному господарстві та бюджетній сфері. Найбільш актуально на сучасному рівні розвитку економіки посилення роботи в сфері енергоефективності. Особливу увагу слід приділити житлово-комунальному господарству України. Аварії, що відбуваються в населених пунктах протягом опалювальних сезонів показали, що найбільш слабкою ланкою в технологічному ланцюжку «котельня-тепломережа-теплопункт» є тепломережі. Фактичні втрати тепла в мережах досягають 40%, а в деяких місцях - до 60%, при нормативних 13 відсотках.

Важлива роль нетрадиційних джерел енергії пояснюється не тільки проблемами енергозабезпечення та скороченням попиту на природні енергоносії, а й необхідністю збереження первозданного природного потенціалу регіону. Необхідно заздалегідь забезпечити йому альтернативну заміну.

Сумарний вітроенергетичний потенціал держави досягає 30 ТВт • год/рік Доступною технологією для широкого використання низькопотенційної теплоти для цілей теплопостачання будівель і споруд в житлово-комунальному секторі економіки України є застосування теплонасосних установок. Їх застосування в системах опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування повітря окремих будівель і споруд при коефіцієнті перетворення від трьох і вище, забезпечує економію палива у споживача до 60-80% в порівнянні зі спалюванням його в опалювальних квартальних котельнях.

Ще більшим потенціалом володіє сонячна енергія. Впровадження систем сонячного теплопостачання і установок для приготування гарячої води в літній період забезпечить економію до 30% річної потреби палива і значно знизить викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Сонячна енергія впевнено завойовує стійкі позиції в світовій енергетиці. Привабливість сонячної енергетики обумовлена низкою обставин. Сонячна енергія доступна в будь-якій точці нашої планети і тому приваблива для всіх країн, відповідаючи їх інтересам в плані енергетичної незалежності. Це невичерпне джерело енергії, яке буде доступним і через мільйони років.

Виходячи з того, що в Україні потужність сонячного випромінювання досягає 1,5 кВт. годину на $м^2$, можна прогнозувати потенціал річного використання сонячної енергії в Україні не менше 75 тис. т.у.п. вже в найближчі роки. Для розвитку сонячної енергетики потрібне прийняття низки нормативно-правових актів на рівні Кабінету Міністрів, що визначають механізм економічного стимулювання, а також введення в нормативи по промисловому, комунальному та курортному будівництві умов обов'язкового застосування технологій використання відновлюваної енергії на стадії проектних розробок.

Серед галузей де є найбільші перспективи використання сонячної енергії, безумовно, на першому місці стоїть житлово-комунальне господарство (ЖКГ), яке сьогодні є однією з найбільш енергоємних галузей в народному господарстві України і займає третє місце за обсягами використання

енергоресурсів в регіоні. Прогнози показують, що тільки за рахунок реалізації програми соціального розвитку в Україні в найближчі 15 років можливе зростання житлового будівництва на 15-20%, що призведе до значного збільшення потреби в органічному паливі на потреби теплопостачання будівель.

Конкурентоспроможність систем централізованого теплопостачання в житлово-комунальному секторі практично повністю визначається надійністю та ефективністю експлуатованих і знову споруджуваних систем транспортування теплової енергії. Фізичний знос основного теплотехнічного обладнання існуючих котелень постійно збільшується і вимагає проведення капітального ремонту. У критичному стані перебувають багато трубопроводів теплових мереж. Плани капітальних ремонтів по заміні зношених теплопроводів не виконуються через відсутність достатніх коштів, що знижує загальну надійність систем міського централізованого теплопостачання. Розраховувати на істотне поліпшення ситуації в найближчі роки навряд чи можливо.

Другою галуззю, де застосування сонячної енергії дуже перспективно, є курортно-рекреаційна сфера.

Рекреаційна галузь в Україні зазнає значних змін, пов'язаних з підвищенням якості обслуговування і розширенням сфери послуг у вже наявних пансіонатах, будинках відпочинку, санаторіях, а також з появою нових об'єктів.

Розвиток альтернативної енергетики в курортних районах дозволить не тільки згладити пік споживання енергії протягом рекреаційного сезону, але і значно знизити виробничу потужність котелень, що працюють на традиційному паливі, а значить, значно знизити хімічне і теплове забруднення навколишнього середовища.

Третім напрямком ефективного використання сонячної енергії є бюджетна сфера, особливо дитячі дошкільні установи. У багатьох з них проблема гарячого водопостачання вирішується примітивними енергоємними засобами.

Активізувати роботи по використанню сонячної енергії в реальному секторі економіки регіону можна шляхом об'єднання зусиль органів виконавчої влади, науки, виробництва та малого бізнесу через створення різних об'єднань (асоціацій, консорціумів). Підставою для такої діяльності є Державна програма соціально-економічного розвитку України, затверджена Кабінетом Міністрів. Вона передбачає будівництво в державі десяти тисяч геліоустановок для нагріву води протягом 3-4 років. Вирішити це завдання можна шляхом залучення науково-технічного і виробничого потенціалу України, фінансових ресурсів населення і підприємств, за підтримки місцевих органів влади.

2.3.1. Завдання місцевих органів виконавчої влади в сфері енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії

Використання поновлюваних і нетрадиційних джерел енергії як спосіб економії споживання природних паливно-енергетичних ресурсів і підвищення надійності енергозабезпечення має першорядне значення для сталого соціально-економічного розвитку регіонів України. Аналіз енергоспоживання в Україні показав, що також, як і в інших регіонах, споживані енергоресурси використовуються не досить ефективно, питомі витрати органічного палива на одиницю виробленої продукції значно перевищують аналогічні показники, досягнуті в економічно розвинених країнах Європейського Союзу.

Державними органами влади були схвалені «Основні напрямки державної політики у сфері забезпечення енергетичної безпеки» і затверджено «План заходів щодо її забезпечення».

Одними з основних напрямків енергетичної безпеки України визначені:

– проведення структурних змін у виробництві та споживанні енергоресурсів для зниження складової енергоємних виробництв;

– впровадження економічних, правових та інших механізмів раціонального використання енергетичних ресурсів;

– послідовне зниження питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів на базі використання сучасних технологій;

– розширення сфери використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії;

– стимулювання енергозбереження та впровадження діючих економічних санкцій за неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів;

– затвердження енергозберігаючих принципів у суспільній свідомості.

Обстеження промислових підприємств України, виконані фахівцями Територіального управління Державної інспекції з енергозбереження України показали, що замість скорочення, відбувається збільшення питомого енергоспоживання енергетичних ресурсів, що пов'язано з неефективним і неекономним використанням споживаних енергоресурсів на місцях, значними втратами теплової та електричної енергії, велика частина яких пов'язана з низькою виробничою дисципліною, відсутністю на місцях приладів і систем обліку та регулювання за споживанням енергоресурсів, недостатньою увагою питань використання нетрадиційних джерел енергії. При наявності в Україні величезного потенціалу нетрадиційних відновлюваних природних екологічно чистих джерел енергії, таких як сонячна радіація і вітер, теплота геотермальних вод, підземного ґрунту і навколишнього повітря, на місцях ще недостатньо впроваджуються нові технології по їх освоєнню.

Один із шляхів виходу із ситуації міністерство енергетики України бачить в проведенні політики жорсткої економії витрачання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах і в побуті, з метою зниження їх споживання. Розпорядженням міністерства енергетики створено робочу групу, якій було доручено проаналізувати і узагальнити першочергові заходи щодо скорочення споживання енергоресурсів і подати їх на затвердження міністерству енергетики. Дані заходи прийняті в якості основних при коригуванні Комплексної програми з енергозбереження в Україні.

З метою реалізації державної політики України в сфері енергозбереження та використання альтернативних джерел енергії органам місцевої та державної

виконавчої влади була поставлена задача активізувати свою роботу щодо підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Першорядне значення має збільшення в енергетичному балансі частки альтернативних і поновлюваних джерел енергії, а саме: геотермальна енергетика, сонячна енергетика, мала гідроенергетика, вітроенергетика, біоенергетика.

Для виконання даних завдань органами місцевого самоврядування повинні бути створені робочі групи з представників основних профільних галузей. Координація діяльності робочих груп повинна здійснюватися відповідальним з енергозбереження органу місцевої виконавчої влади. У функціональні обов'язки робочих груп повинні входити:

– внесення в установленому порядку Кабінетові Міністрів і центральних органів виконавчої влади і міністерству енергетики пропозицій по: вдосконаленню нормативно-правової бази для активізації робіт в сфері енергозбереження;

– джерел і обсягів бюджетного фінансування;

– організація і проведення конкурсного відбору енергозберігаючих заходів (проектів, програм), реалізація яких потребує залучення бюджетних коштів (на повній або частковій основі), для включення в державні, програми і плани капітального будівництва за рахунок коштів бюджету та субвенцій Державного бюджету України;

– щоквартальне підведення підсумків щодо виконання планів організаційно-технічних заходів щодо зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів по галузі або по регіону та внесення коригувань в завдання даних планів;

– проведення регіональних і галузевих конкурсів за підсумками впровадження енергозберігаючих заходів і проектів.

Для планування і контролю діяльності з питань енергозбереження створено Міжвідомчу координаційну раду з енергозбереження при міністерстві. У її функції входить:

– відбір інноваційних енергозберігаючих (пілотних) проектів і розгляд можливості фінансування (співфінансування) із залученням коштів регіонального і державного (субвенції) бюджетів;

– видачі висновків щодо «неприбуткових», але соціально значущих енергозберігаючих проектів в частині доцільності їх реалізації на території України.

В органах влади прийшли до розуміння того, що з метою формування енергозберігаючих принципів у свідомості населення необхідно передбачати проведення заходів:

– конкурсів дитячих малюнків з енергозбереження;

– спеціалізованих занять з питань енергозбереження в навчальних закладах, трудових колективах і зборах громадян;

– виставок і семінарів з питань енергозбереження;

– випуск щорічного збірника з підсумками впровадження енергозберігаючих заходів, проспектами енергоефективного та енергозберігаючого обладнання, технологій та проектів.

2.3.2. Механізми стимулювання енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії

Організаційно-управлінські механізми.

Стимулювати використання поновлюваних джерел енергії повинні різні заходи, що вживаються на державному і місцевому рівнях. Робота повинна здійснюватися на основі відповідних програм, короткострокових і середньострокових планів заходів, що затверджуються Парламентом України.

Реалізація стратегічних і середньострокових завдань, пріоритетних напрямків енергозбереження в Україні здійснюється шляхом включення

відповідних заходів в державні цільові програми і програми місцевих органів виконавчої влади, зокрема, щорічні програми економічного і соціального розвитку України.

Програма підтримки і розвитку малого підприємництва в Україні. Приймається терміном на 2 роки і спрямована на підтримку розвитку малого підприємництва. Завданням цієї програми в сфері енергозбереження має стати розвиток малого інноваційного підприємництва, спрямованого на впровадження та використання енергозберігаючих технологій, відновлювальних джерел енергії та ін.

Відповідно до проекту Програми енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності в Україні, розробленим з залученням українських учених, основними заходами щодо стимулювання енергозбереження в державі пропонується:

Удосконалення системи планування та звітності щодо енергозбереження, яке передбачає:

– розробку та щорічне оновлення заходів енергозбереження в усіх органах виконавчої влади та на великих підприємствах із зазначенням цільових показників енергоефективності;

– впровадження галузевої звітності з енергозбереження та показниками енергоефективності.

Розширення системи нормування споживання енергетичних ресурсів з паралельною розробкою заходів щодо вдосконалення технологічної бази підприємств і організацій.

Впровадження системи матеріального стимулювання керівництва і персоналу підприємств і організацій за поліпшення показників енергоефективності, реалізацію програм енергозбереження, інноваційних проектів і раціоналізаторських пропозицій.

Проведення енергозберігаючої тарифної політики для стимулювання енергозбереження у споживачів. В основному це диференціація тарифів: за часом (доби, тижня, року - для регулювання електричного та теплового

навантаження), за обсягами споживання енергії (для стримування перевищення стандартів споживання), за обсягами економії енергії (для преміювання за реальні заходи з енергозбереження).

Крім того, це тарифні кредити, тобто тимчасове зниження тарифів для споживачів, що реально здійснюють енергозбереження. Тарифний кредит може бути безповоротний, безвідсотковий або процентний.

Розробка і реалізація економічних механізмів обмеження споживання традиційних (органічних) енергоресурсів в умовах, коли можна використовувати енергію поновлюваних джерел енергії. Такими заходами можуть бути економічні санкції за використання традиційних ресурсів для нагріву води в літній період, а також заходи, які зобов'язують забудовників всіх типів передбачати заходи по використанню енергії сонця, вітру та інших відновлюваних джерел.

Організація проведення конкурсів інноваційних проектів, ідей і пропозицій у сфері енергозбереження, а також матеріальне стимулювання організаторів цих заходів та авторів пропозицій. Такі конкурси традиційно проводилися громадськими науково-технічними організаціями, слід цю практику відновити.

Фінансова та кредитна підтримка енергозбереження.

З метою кредитної підтримки реалізації великих інвестиційних проектів міністерство енергетики прийняло постанову «Про затвердження Порядку надання пільгових кредитів для реалізації інвестиційних проектів з впровадження енергозберігаючих технологій та технологій з виробництва альтернативних джерел палива».

Постановою визначено, що бюджетні кошти для пільгового кредитування суб'єктів господарювання, які реалізують проекти, в межах обсягів, передбачених бюджетним розписом, виділяються банкам, визначеним згідно з порядком конкурсного відбору та моніторингу банків на умовах повернення, платності, терміновості, цільового використання.

Плата за використання бюджетних коштів для пільгового кредитування встановлюється на рівні 6 відсотків річних. Плата за користування пільговими кредитами встановлюється на рівні не більше 10 відсотків річних.

Термін надання суб'єктам господарювання пільгових кредитів для реалізації проектів не може перевищувати трьох років.

Однією з форм підтримки енергозбереження може бути кредитування в рамках програм розвитку малого підприємництва. Банки, що працюють в регіоні, можуть забезпечити задоволення кредитних потреб малого підприємництва порядку 500 млн. грн. з вільних ресурсів, які знаходяться на балансі регіональної мережі. В Україні на грошово-кредитному ринку працює понад 40 банків, практично кожен банк пропонує до десятка схем по кредитуванню малого бізнесу.

Основні з них:

– мікрокредитування суб'єктів малого бізнесу, які працюють на єдиному податку, в тому числі перевірочні кредити (якщо немає кредитної історії);

– кредитування за кредитними лініями Європейського банку розвитку і реконструкції;

– кредитування по кредитній лінії банку в рахунок відкритого ліміту, коли клієнт бере позикових коштів скільки, скільки потрібно в даний момент (дозволяє клієнту досягти економії на сплаті відсотків і підвищити ефективність використання позикових коштів);

– овердрафт за рахунком.

Ці кредити займають до 30% загального обсягу оборотів по позичкових рахунках банків. Кредити «овердрафт» дозволяють клієнтам (особливо це актуально в торгівлі, сфері послуг) задовольняти свої потреби в позикових коштах протягом дня і економити на оплаті відсотків. Для оформлення такого кредиту треба мати працюючий рахунок в банку. Іншими словами - працювати легально;

– кредити на поточні та інвестиційні потреби на основі іпотеки - заставу нерухомості;

– факторинг - допомагає клієнту, який регулярно проводить операції купівлі-продажу на умовах відстрочення платежу, ефективно вирішувати проблему нестачі оборотних коштів. При такому виді кредитування клієнт може надавати своїм постійним клієнтам відстрочку платежу за відвантаженими товарами і відпущеним послуг, не відчуваючи при цьому недоліку в оборотних коштах. Ця активна для банків операція не вимагає від клієнта застави.

При плануванні і реалізації енергозберігаючих заходів (особливо при впровадженні засобів використання відновлюваних джерел енергії) необхідно використовувати механізми, передбачені Програмою підтримки та розвитку малого підприємництва в Україні. Головна мета Програми - реалізація державної політики у сфері підтримки та розвитку малого підприємництва в Україні з урахуванням регіональних особливостей, спрямованої на збільшення внеску малого підприємництва в позитивні економічні та соціальні процеси регіону.

2.3.3. Науково-технічне забезпечення енергозбереження

Склалася парадоксальна ситуація: Україна, що володіє досить високим потенціалом вітроенергетичних, геотермальних, біогазових і сонячних ресурсів, енергією невеликих річок з швидкою течією, практично не використовує її в відчутних розмірах.

Таке становище склалося в силу ряду причин і, перш за все, - недостатня увага з боку органів влади до економічних важелів, стимулюючих інноваційні та інвестиційні проекти в галузі енергозбереження та недостатня роль науки у вирішенні проблеми скорочення споживання традиційних енергоресурсів.

Досвід останніх років свідчить про необхідність проведення ретельного науково обґрунтованого аналізу існуючих і потенційних можливостей такого унікального регіону як Україна і виявлення причин, що не дозволяють докорінно змінити становище в її енергетичному забезпеченні.

Основними напрямками діяльності науки в галузі енергозбереження в даний час є сприяння органам влади, підприємствам і організаціям у вирішенні таких питань як скорочення попиту на всі види енергії, підвищення ефективності заходів по використанню існуючих джерел енергопостачання, збільшення частки використання місцевих ресурсів і модернізація існуючого енергетичного обладнання.

На першому місці, на думку вчених, стоять економічні важелі, так як економія енергоресурсів тісно пов'язана з економікою регіону. Необхідно розробити і впровадити науково обґрунтований економічний механізм, який передбачає оплату за кожен фактично витрачений кіловат енергії. Така політика веде до скорочення витрат електричної енергії, газу, води, тепла та ін. енергетичних ресурсів. Вирішальним стимулом в галузі економічних перетворень в енергетиці є прогнозоване вченими постійне зростання світових цін за споживані енергоносії.

На друге місце визначено організаційний механізм енергозбереження, безпосередньо випливає з економічного. Після науково обґрунтованого скасування фондованого розподілу енергоресурсів і введення ринкових цін, організаційна система енергозбереження швидко зазнала докорінних змін на кожному виробництві і в окремих його підрозділах. До організаційних заходів, виконуваних на підприємствах, відноситься розробка планів організаційно - технічних заходів, що проводиться на базі науково-обґрунтованого системного підходу до обстеження кожної організації зі складанням енергетичного паспорта. В організаціях, які не мають фахівців - енергетиків в аудиторських групах, попереднє обстеження проводять фахівці, які отримали ліцензію на проведення цих робіт в органах енергонагляду.

На третьому місці стоять технічні заходи, спрямовані на зниження споживання енергоресурсів. Процеси перетворення і розподілу енергії неминуче пов'язані з втратами, величина яких змінюється в залежності від типу джерела енергії і енергоносія. Оцінка ефективності використання енергетичних ресурсів в технологічних процесах проводиться за допомогою порівняння

нормативних і фактичних показників. Сукупність нормативних показників, що використовуються для розробки проектів планів організаційно-технічних заходів, складають нормативну базу планування витрат паливно-енергетичних ресурсів. Розроблена вітчизняними вченими «Регіональна методика нормування витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві», є дієвим важелем, що стимулює заміну застарілого обладнання на менш енергоємне. Прикладів, які показують значимість впровадження технічних заходів в енергетиці, можна навести досить багато. Так для підтримки параметрів мікроклімату в приміщеннях, замість опалювальних приладів, в даний час встановлюються сучасні кондиціонери, сонячні колектори, інфрачервоні і керамічні обігрівачі. Для автономного водо- і електропостачання впроваджуються вітроенергетичні установки.

Четвертий рівень заходів з енергозбереження - технічний, який передбачає створення нових видів обладнання. Є багато способів економити енергоресурси за допомогою новітніх наукових розробок, доведених до досвідчених і промислових зразків.

П'ятим важелем вирішення проблем енергозбереження є впровадження результатів сучасних наукових розробок і досліджень, проведених вченими науково-дослідних і навчальних закладів. Вченими України визначена і науково обґрунтована енергетична політика держави, основні пріоритети якої: заощадження енергоресурсів, в першу чергу шляхом впровадження поновлюваних джерел енергії. Ця політика встановлює макроекономічні пропорції розвитку галузей паливно - енергетичного комплексу України.

2.3.4. Розвиток інноваційної інфраструктури та малого підприємництва в сфері енергозбереження

Головним завданням інноваційної політики в регіоні є забезпечення збалансованої взаємодії наукового, технічного і виробничого потенціалів, розробка та впровадження механізмів активізації інноваційної діяльності суб'єктів підприємництва, поширення інновацій в усіх сферах економіки.

Важливим напрямком реалізації державної інноваційної політики є створення законодавчої та нормативно-правової бази, що визначає правові, економічні та організаційні засади державного регулювання інноваційної діяльності в Україні.

Конкретними кроками на цьому шляху стало прийняття базових законів України в сфері інноваційної діяльності «Про інноваційну діяльність», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» і «Про спеціальний режим інвестиційної та інноваційної діяльності технологічних парків».

Аналіз практичної діяльності наукових і науково-технічних організацій України показує, що науково-технічний потенціал держави може бути ефективно використаний для вирішення завдань енергозбереження, якщо створити для цього необхідні економічні та організаційні умови. Основною формою такої діяльності має стати розвиток малого інноваційного підприємництва, створення мережі наукових і технологічних центрів, парків та інших інноваційних структур, покликаних активізувати роботу з освоєння у виробництві нових енергозберігаючих технологій, приладів і пристроїв.

Залучення в сферу виробничої діяльності вчених, здатних швидко оцінити наукову розробку і знайти оптимальні сфери її застосування, сприятиме економічному зростанню по всій території і дозволить залучити вітчизняних і зарубіжних інвесторів. Базою для цього повинні стати провідні спеціалізовані наукові організації України, на основі наукових розробок яких можуть бути створені виробничо-комерційні інноваційні підприємства.

Активізувати інноваційну діяльність можна тільки шляхом створення мережі малих інноваційних структур, що діють в сфері енергозбереження. У більшості країн світу вони створюються за рахунок або за участю держави. Ця мережа може включати технологічні парки, інноваційні бізнес-інкубатори, центри та ін. Органи виконавчої влади всіх рівнів повинні підтримати діяльність базових інноваційних структур: надати допомогу в навчанні кадрів, розробці типових проектів і т.п. Передбачається, що базові структури

сформують мережу своїх філій і підрозділів в містах і районах, залучаючи для цього місцеві ресурси та кошти зацікавлених осіб.

Прямої державної підтримки вимагає створення в регіонах мережевих інноваційних структур для сприяння вирішенню великих і технологічно складних проектів енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії, для участі в яких повинні залучатися підприємства, наукові установи, фінансові установи, органи місцевої виконавчої влади та малий бізнес.

Створення інноваційних структур буде відбуватися поетапно: спочатку в містах, потім в районних центрах, після чого почнеться процес створення таких структур в населених пунктах наступного рівня.

При цілеспрямованій роботі місцевих органів влади можна забезпечити прискорений розвиток інноваційного підприємництва в сфері енергозбереження України.

Актуальним завданням є створення регіональних інноваційних фінансово-кредитних установ для фінансування наукових та інноваційних проектів. Створення цих інноваційних структур передбачено Законом «Про інноваційну діяльність» в якості одного з механізмів фінансування інноваційної діяльності. Цю роботу повинні взяти на себе міські та районні ради за підтримки Міністерства економіки і Міністерства фінансів України.

2.3.5. Інформаційно-методичне забезпечення енергозбереження

Інформаційно-методичне забезпечення енергозбереження необхідно для надання практичної інформаційної підтримки підприємств і організацій, перш за все - малих підприємств, що розвивають свій бізнес в сфері енергозбереження та відновлюваних джерел енергії. Воно також необхідно для прогнозування та моніторингу результатів реалізації рішень в області енергозбереження і підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів в усіх сферах виробничої діяльності та побуту. Інформаційна підтримка державної політики енергозбереження на державному та регіональному рівнях може здійснюватися державними органами та

комерційними структурами з використанням засобів електронної пошти, мережі Інтернет і інших доступних засобів комунікації.

Для здійснення цієї діяльності передбачається розробка банку даних, який повинен включати:

– нормативно-правові документи щодо реалізації енергозберігаючої політики;

– програмні та планові документи з енергозбереження;

– інституційні суб'єкти діяльності в галузі енергозбереження;

– обладнання малої та нетрадиційної енергії;

– прилади обліку і контролю споживання паливно-енергетичних ресурсів;

– енергозберігаючі технології та обладнання;

– нормування споживання паливно-енергетичних ресурсів;

– методологія енергообстеження і енергоаудиту;

– методичні документи в галузі енергозбереження та ін.

Для забезпечення цієї роботи під патронатом Міністерства промислової політики, транспорту, зв'язку і паливно-енергетичного комплексу повинна бути створена спеціалізована інноваційна інформаційна структура, офіційними користувачами якої повинні стати міністерства, відомства, органи місцевого самоврядування, підприємства та організації.

Передбачається, що вони будуть не тільки використовувати накопичені в перерахованих базах даних інформаційні ресурси, а й постійно поповнювати їх шляхом передачі в підсистему нової інформації про діяльність в галузі енергозбереження в регіоні: прийнятті нових нормативних актів і документів, розробці, затвердженні та реалізації енергозберігаючих проектів та програм, результати проведення енергообстеження, впровадженні приладів обліку і систем регулювання споживання паливно-енергетичних ресурсів і т.д.

2.3.6. Підготовка та перепідготовка кадрів

Підготовка та перепідготовка кадрів, формування інноваційного клімату енергозбереження серед населення є одним з найважливіших завдань органів влади всіх рівнів. Для цього необхідно ввести в практику проведення короткострокових тематичних семінарів з питань енергозбереження для всіх фахівців органів місцевої виконавчої влади та більш глибоке підвищення кваліфікації фахівців, відповідальних за питання енергозбереження. Необхідно створити умови для систематичного надання методичної допомоги щодо реалізації завдань програм та планів організаційно-технічних заходів, доводити до фахівців зміни в нормативно-правовій базі України в сфері енергозбереження, забезпечувати інформацією за новими енергозберігаючими проектами, технологіями, обладнання, заходам і т.д.

Для успішної реалізації регіональної політики енергозбереження необхідно:

– розробити методичні посібники з проведення тематичних годин на робочих місцях і на зборах громадян;

– розробити спеціальний курс навчання з енергозбереження для різних категорій - учнів шкіл, студентів вищих навчальних закладів, інженерно-технічних працівників підприємств, організацій, установ, відповідальних за енергозбереження в міських і районних держадміністраціях;

– розробити програму по залученню ЗМІ для популяризації питань економії енергоресурсів;

– активувати роботу по організації виставок і конференцій, науково-практичних семінарів;

– в школах і дошкільних установах формувати ідеологію енергозбереження в свідомості дітей з використанням ігор, для чого необхідна розробка відповідної методології.

Перспективним є проведення навчальних наочних семінарів для фахівців з використанням діючих і проектованих навчально-наукових полігонів по моделюванню впровадження енергозберігаючих технологій та використання альтернативних та відновлюваних джерел енергії.

Висновок до другого розділу

Процес будівництва української вітроенергетики розпочався у 1996році, коли була спроектована Новоазовська ВЕС проектною потужністю 50 МВт. Значне, зростання будівництва вітроелектростанцій спостерігається з 2009 року, після запровадження Урядом України «Зеленого тарифу». На кінець 2012 року сумарна потужність вітроелектростанцій в Україні становила близько 263 МВт. За минулий 2015 рік в Україні було введено в експлуатацію 16,6 МВт вітрогенеруючих потужностей. Таким чином, за станом на 31 грудня 2015 року сумарна потужність ВЕС материкової частини України склала 426,2 МВт. Всі ВЕС підключені до енергомережі.

Пріоритетний напрям наукових досліджень України є створення вітроенергоустановок з можливістю низького розташування генератора і вертикальною позицією вітросприймаючих елементів.

Україна повністю забезпечена усіма матеріалами для виготовлення вітрових електростанцій усього діапазону потужностей, що застосовуються на практиці - від мікротурбін до потужних вітроагрегатів.

За даними Міжгалузевого науково-технічного центру вітроенергетики Національної академії наук України, територія нашої країни має значні ресурси вітрової енергії, які оцінюються у 30 ТВт х год./рік.

Енергетика є однією з найголовніших частин паливно-енергетичного об'єднання, забезпечуючи більш 7,5% всього обсягу промислового виробництва держави.

На сьогоднішній день в Україні побудовано 13 вітроелектростанцій: 10 з яких в окупованому Криму (за попередніми даними працюючі з них тільки 6), по одній ВЕС у Донецькій та Миколаївській областях, і ще одна у Карпатах поблизу м. Трускавець.

На території України придатними для будівництва ВЕС вважаються площі до 7 тис. км^2, це - карпатський, приазовський, донецький, західнокримський, гірнокримський, керченський регіони, Харківська й Полтавська області. За розрахунками науковців, при максимальному

використанні сили вітру в цих регіонах можна було б одержувати електроенергію в обсягах, які б надавали можливість забезпечити до 50% загального енергоспоживання країни.

Перспективним напрямком розвитку електроенергетики України - напрямок на виробництво з подальшим продажем цього товару. Це є дуже вигідним товарообігом, так як продаж електрики набагато дорожче продажу безпосередньо самих корисних копалин.

Можливості використання в Україні нетрадиційної енергетики вельми різноманітна і в довгостроковій перспективі складе заміну традиційній енергетиці. Це забезпечить скорочення витрат на енергозабезпечення, транспорт енергоносіїв і дозволить вирішити екологічні проблеми.

Продуктивність використання енергетичних ресурсів в Україні становить 34%, а повинна досягти рівня 60-70% до 2030 - 2040 рр. Ці показники для Японії рівні 40%, Німеччині та США - 38%. Можливо також розвиток цієї галузі енергетики і в Україні.

Україна має всі можливості для бурхливого розвитку альтернативної енергетики на її території. Найперспективніший напрямок для цього це використання енергії вітру і енергії сонця. Розвиток відновлюваної енергетики в Україні стримується низкою негативних факторів, основними з яких є:

– недостатнє нормативно-правове забезпечення;

– відсутність повноцінної стимулюючої політики держави;

– недостатність фінансування науково-дослідних і конструкторських розробок;

– недостатня поінформованість і консерватизм потенційних виробників і споживачів;

– нестача інженерних і наукових кадрів, здатних вирішувати організаційно-технічні, екологічні, економічні проблеми використання відновлюваної енергії;

– велика капіталомісткість проектів ВЕС.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПИТАНЬ ЕКОНОМІКИ І ОРГАНІЗАЦІЇ ПРИЄДНАННЯ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДО РЕГІОНАЛЬНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

3.1. Капіталовкладення

При проведенні розрахунків капіталовкладень використовуємо розрахункові вартості, що включають вартість основного і допоміжного обладнання, витрати на будівництво і монтаж.

Розрахунок капіталовкладень, необхідних для реалізації рекомендованої схеми приєднання вітроелектростанції до енергосистеми, проводиться за "Основними базовими техніко-економічними показниками ПЛ і ПС 35 - 1150 кВ".

Для схеми станції з довідкових джерел приймаємо вартісні показники і заносимо в таблицю 3.1. Зазначені показники включають вартість вимикачів і роз'єднувачів, трансформаторів струму і напруги, розрядників і апаратури ланцюгів управління, сигналізації і релейного захисту, контрольні кабелі, ошиновку, металоконструкції, пов'язані з їх установкою, будівельно-монтажні роботи. Для визначення повної вартості ВЕС, вартість одного осередку множиться на кількість осередків на ВЕС. Вартісні показники ВЕС-110 кВ відповідають вартості одного осередку для схеми зі збірними шинами і обхідною системою шин.

Таблиця 3.1

Розрахунок капіталовкладень в підстанцію 110/6 кВ

№ п/п	Складові затрати	Одиниці вимірювання	Кіль-кість	Вартість тис. грн	
				одиниці	всього
1	ОРУ-110 кВ	яч.	7	1800	12600
2	Трансформатори Т1, Т2	шт.	2	1800	3600
3	ОРУ-6 кВ	яч.	22	546	12012
4	Постійна частинаь затрат	-	1	1680	1800
5	Суспільні витрати	-	7	1800	1221
Всього					31233

В обсяг капітальних вкладень входить вартість:

- Проектування і підготовки майданчика;

- Будівель і споруд, включаючи пристрої опалення, освітлення, вентиляції, водопроводу, каналізації;

- Енергетичного обладнання;

- Контрольно-вимірювальних приладів.

Укрупнені показники вартості електрообладнання і будівельно-монтажних робіт по електричній частині ВЕС (виключаючи вартість вітроагрегатів та будівництва мережі) наведені в таблиці 3.2.

Проектна ціна для агрегату «Веселка 1» - 265 мільйонів гривнів.

Наведені в таблиці 3.2 розрахунки капіталовкладень не замінюють собою кошторисів, які повинні складатися на подальших стадіях проектування, і дають тільки попередню оцінку вартості, для варіанта розміщення ВЕС.

Таблиця 3.2

Розрахунок капіталовкладень ВЭС

Найменування	Вартість, тис. грн.		
	Обладнання	СМР	Повна
1	2	3	4
1. ВЛ 110 кВ одноланцюгова, з проводами АС – 120, на ж.б. опорах (5 км)	4480	1745	6225
2. ВЛ 110 кВ одноланцюгова, з проводами АС – 120, на ж.б. опорах (7 км)	5430	2445	7875
3. Лінії силових і контрольних кабелів	2400	14240	16640
4. Підстанція 110/6 кВ	18430	17760	36190
5. Телемеханізація	1300	200	1500

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4
6. Зв'язок	1000	100	1100
7. Дизельна електростанція 2×100 кВт	650	400	1050
Всього:	33690	36890	70580
Непередбачуванні затрати (10%)			7058
Всього:			77638

Капітальні вкладення в станцію складаються з вартості розподільних пристроїв всіх рівнів напруг, силових трансформаторів, постійної частини витрат.

Капіталовкладення дані для майданчика розміщення ВЕС і враховують вартість електромережних об'єктів до шин 6 кВ електростанції.

3.2. Техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники ВЕС представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Техніко-економічні показники ВЕС

Найменування	Од. вим.	Значення
1	2	3
Встановлена потужність	МВт	22
Річний виробіток електроенергії (середня багаторічна)	млн.кВт.г	53,1
Число годин використання	год	2412
4. Загальна площа	га	110

Продовження таблиці 3.3

1	2	3
5. Відчужуванна площа	га	6,3
6. Знімання потужності з загальної площі	кВт/км	20940
7. Кошторисна вартість будівництва	млн. грн.	10376,9
- об’єкти виробничого призначення	млн. грн.	10339,9
- житлово-цивільне будівництво	млн. грн.	38
8. Річна продукція в відпускних цінах	млн. грн.	77,5
9. Витрати виробництва в рік	млн. грн.	4,65
10. Собівартість електроенергії	коп/кВт.г	28,8
11. Річна економія умовного палива	тонн	17462
12. Питомі капіталовкладення		
- на 1 кВт встановленої потужності	грн/кВт	3528,82
- на 1 кВт.год середньобагаторічного виробітку електроенергії	коп/кВт.ч	146,88

3.3. Енергетичні показники

3.3.1. Методика розрахунку

Можливе вироблення електроенергії визначене на основі інтегральної кривої розподілу швидкості вітру, перерахованої на висоту 36 метрів і потужністну характеристику вітроенергетичної установки "Веселка 1" (рис. 3.1).

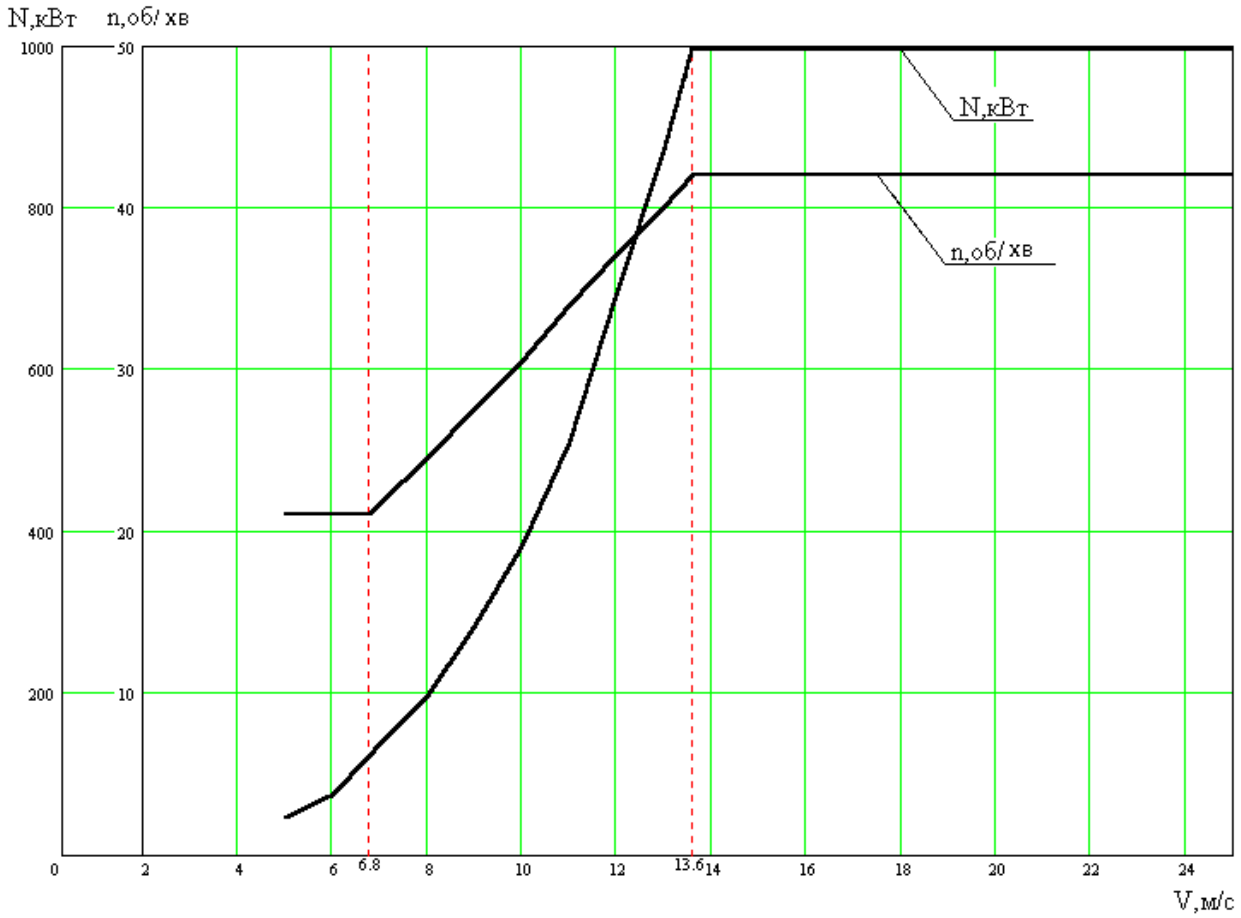

Рисунок 3.1 - характеристики потужності ВЕС

За кривою розподілу швидкості вітру побудовані криві розподілу потужності (добові, сезонні, річні) для кожного значення швидкості вітру за характеристиками (рис. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7). Виробіток може бути визначений за формулою:

$$Э = \int_{tvpvp.\min}^{tvpvp.\max} N(V) \cdot t(V) \cdot dV, \qquad (3.1)$$

де *N(V)* - потужність ВЕУ в функції швидкості вітру;

t (V) - повторюваність швидкості вітру в годинах за добу (місяць, сезон, рік).

Практично це зводиться до визначення площі фігури (рис. 3.2 - 3.7), обмеженої кривою розподілу потужності і осями ординат (площа АВСД).

3.3.2. Річний виробіток електроенергії

Кількість годин (Т, год) енергетичного вітру відповідної потужності і річний виробіток електроенергії (Е, кВт.год.) наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Розрахунок виробітку електроенергії за кривою розподілу потужності

Т, год	Р, кВт	Е, кВт.ч.
6225	30	392730
4996	100	453660
4077	200	374740
3420	300	319960
2979	400	284840
2718	500	256300
2412	600	230200
2192	700	208140
1971	800	186260
1752	900	166540
1552	1000	2830860
		62279130

Загальна електроенергія вироблена ВЕС, що складається з 22-х агрегатів потужністю 1000 кВт кожен складе:

Е = 62279130 кВт.год

Наведене значення виробленої електроенергії повинно бути знижено з урахуванням наступних факторів (втрати в%):

- Втрати через неповне використання рози вітрів (5%);
- Споживання на власні потреби (5%);
- Втрати через технічні простої (5%).

Всього втрат - 15%.

З урахуванням цих втрат реальне вироблення електроенергії ВЕС складе:

ЕВЕС = 62279130 - 9341870 = 52937260 кВт.год

При встановленій потужності 22000 кВт число годин використання встановленої потужності складе:

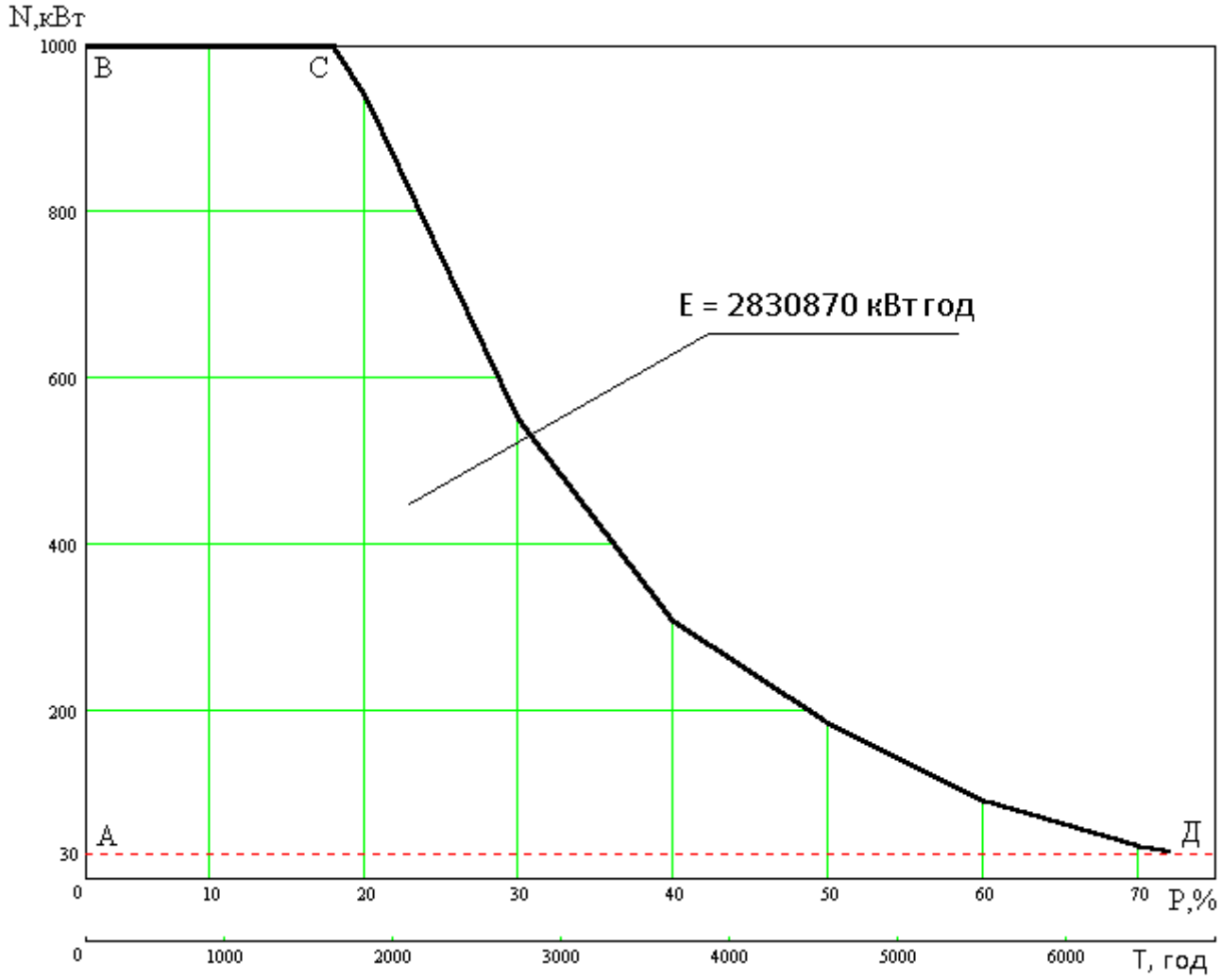

Рисунок 3.2 - Крива розподілу потужності (річний виробіток)

3.3.3. Сезонне вироблення електроенергії

Кількість годин (Т, год) енергетичного вітру відповідної потужності і по сезонах вироблення електроенергії (Е, кВт.год) наводиться в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Кількість годин енергетичного вітру і вироблення електроенергії за минулими сезонами

Сезон	Т, год	Е на 1 агрегат кВт.год.	$В_{ВЕС}$ кВт.год.	Е з врахуванням втрат , кВт.год.
Зима	1615	749149	16481318	14009125
Весна	1615	821147	18065189	15355409
Літо	1510	596538	13123926	11155337
Осінь	1439	664035	14608724	12417414

Сезони року взяті наступним чином:

- Зима - грудень-лютий;

- Весна - березень-травень;

- Літо - червень-серпень;

- Осінь - вересень-листопад.

З таблиці 3.5 видно, що найбільше вироблення електроенергії припадає на весну і становить 29% від загального річного вироблення, а найменша - влітку становить 21%.

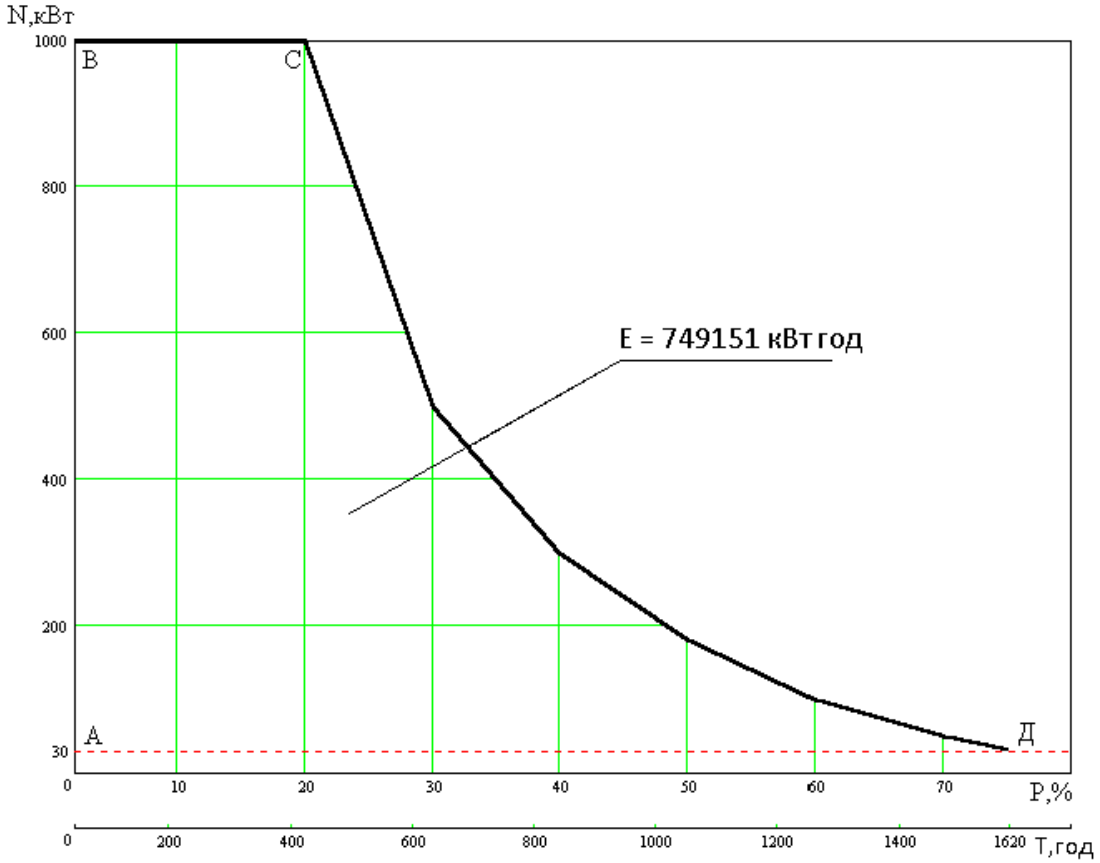

Рисунок 3.3 - Крива розподілу потужності (сезонний виробіток, зима)

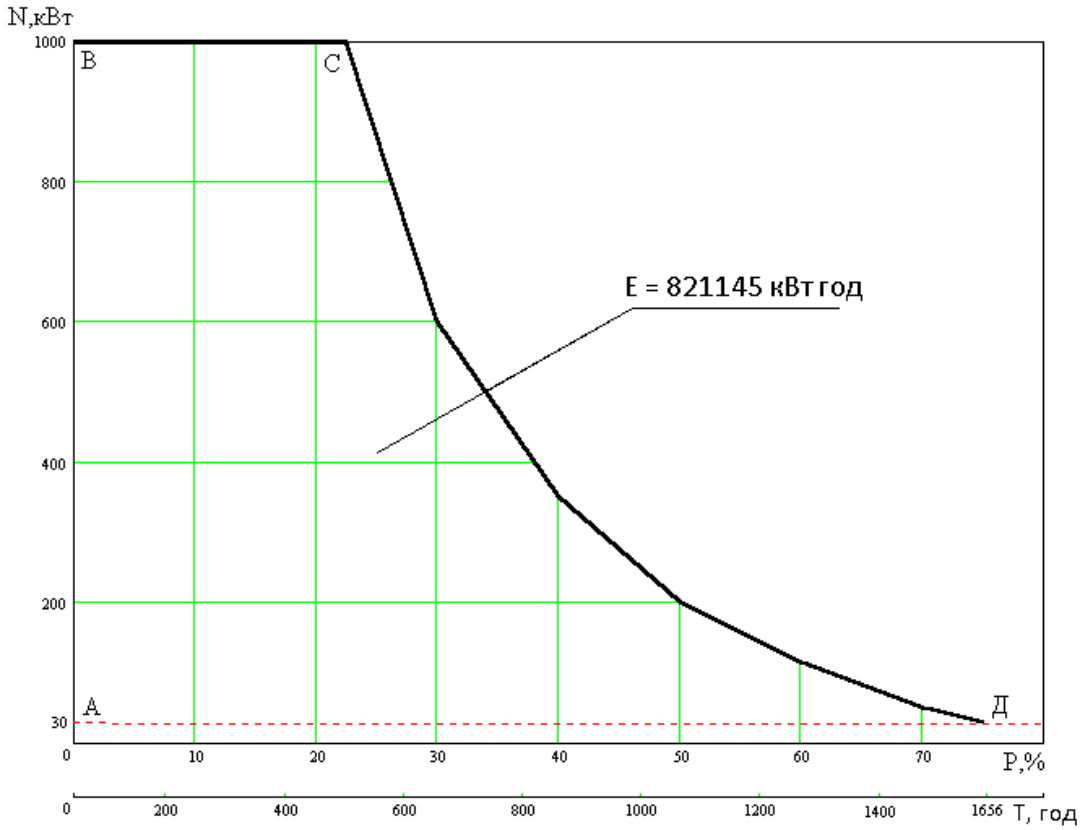

Рисунок 3.4 - Крива розподілу потужності (сезонний виробіток, весна)

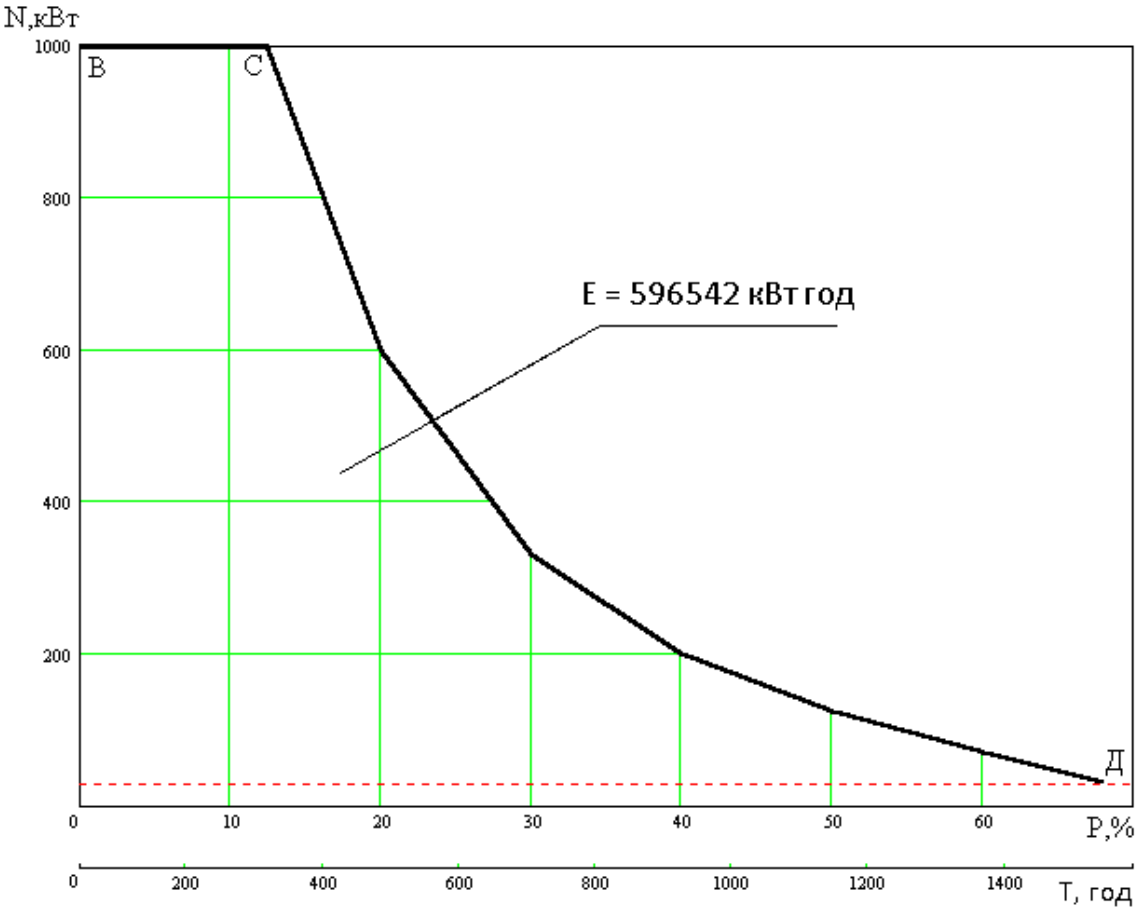

Рисунок 3.5 - Крива розподілу потужності (сезонний виробіток, літо)

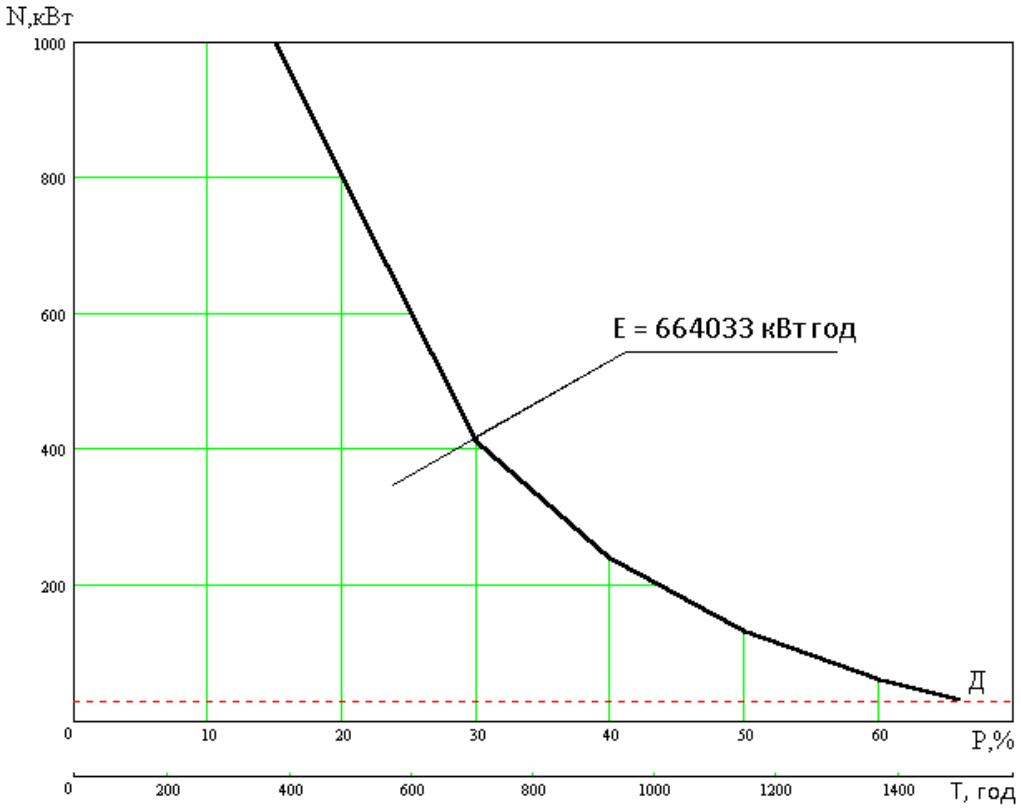

Рисунок 3.6 - Крива розподілу потужності (сезонний виробіток, осінь)

3.3.4. Місячне вироблення електроенергії

Кількість годин (Т, год) енергетичного вітру і вироблення електроенергії (Е, кВт.год) по місяцях наводяться в таблиці 3.6.

Аналіз даних таблиць 3.5 та 3.6 показує, що вироблення електроенергії не залежить від кількості годин енергетичного вітру, а залежить від повторюваності більш високих швидкостей вітру в частках від часу періоду (доба, місяць, сезон, рік).

Таблиця 3.6

Кількість годин енергетичного вітру і вироблення електроенергії по місяцях

Місяць	Т, год	Е на 1 агрегат кВт.год.	$E_{ВЕС}$ кВт.год.
1	554	217945	4794814
2	521	216963	4773163
3	549	225402	4958802
4	537	233963	5147249
5	520	210359	4627918
6	488	184039	4048838
7	523	178845	3934571
8	497	159303	3504685
9	441	152907	3363973
10	479	183414	4035129
11	529	225702	4965403
12	569	217399	4782714
Рік	6207	2406241	52937259

3.3.5. Добове вироблення електроенергії

Зміна швидкості вітру протягом доби становить значний інтерес з точки зору використання вітру в енергетиці.

Судячи з середньомісячної і річної швидкості вітру в різні години доби, в добовому розрізі характерно збільшення вироблення електроенергії в денний час і перевищує нічний - в 1,4 рази. Добові коливання вироблення електроенергії більш різко виражені в теплий період і менше в зимовий.

На рис. 3.7 показаний графік розподілу потужності (добовий виробіток). Кількість годин енергетичного вітру становить 16,8 годин, а число годин використання встановленої потужності - 7,5 годин.

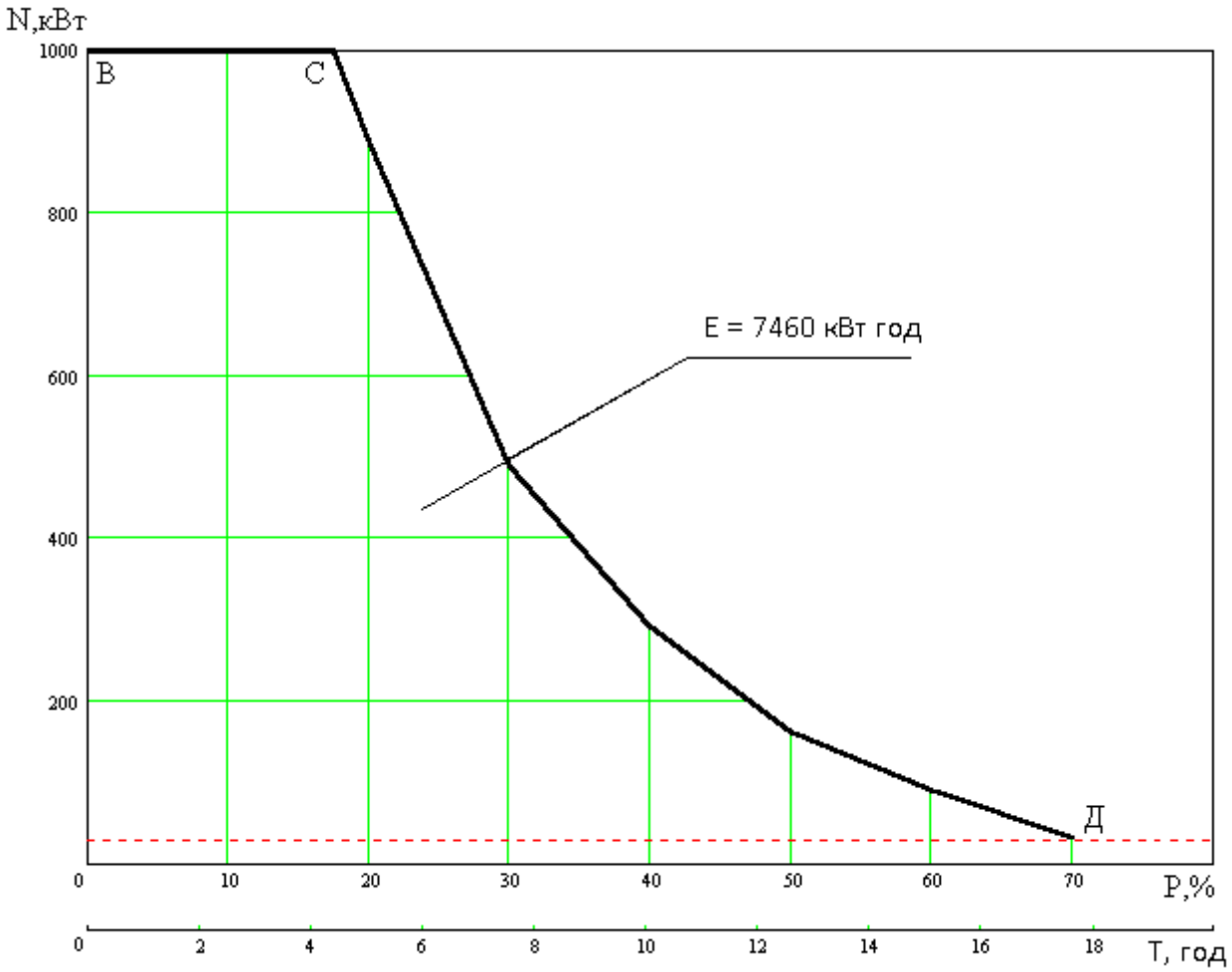

Рисунок 3.7 - Крива розподілу потужності (добовий виробіток)

3.3.6. Вироблення електроенергії за напрямками

Кількість годин (Т, год) енергетичного вітру відповідної потужності і по сезонах вироблення електроенергії (Е, кВт.год) представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Кількість годин енергетичного вітру і вироблення електроенергії за напрямками

Напрямки	Т, год	Е на 1 агрегат кВт.год.	$E_{ВЕС}$ кВт.год.
П	435	169934	3738505
ПС	967	373848	8224702
С	1497	581171	12785693
ПівдС	791	305875	6729318
Півд	269	105355	2317874
ПівдЗ	431	166537	3663751
З	1094	424829	9346258
ПЗ	721	278692	6131161
Всього:	6205	2406241	52937262

Порівняльний аналіз таблиці 3.7 показує, що максимум вироблення електроенергії припадає на східне і західне спрямування, а мінімум на південний напрямок вітру.

На рис 3.8 показана енергетична троянда, де добре видно внесок вітрів за напрямками: східного (24,1%), західного (17,6%), північно-східного (15,5%) від річної кількості вироблення електроенергії.

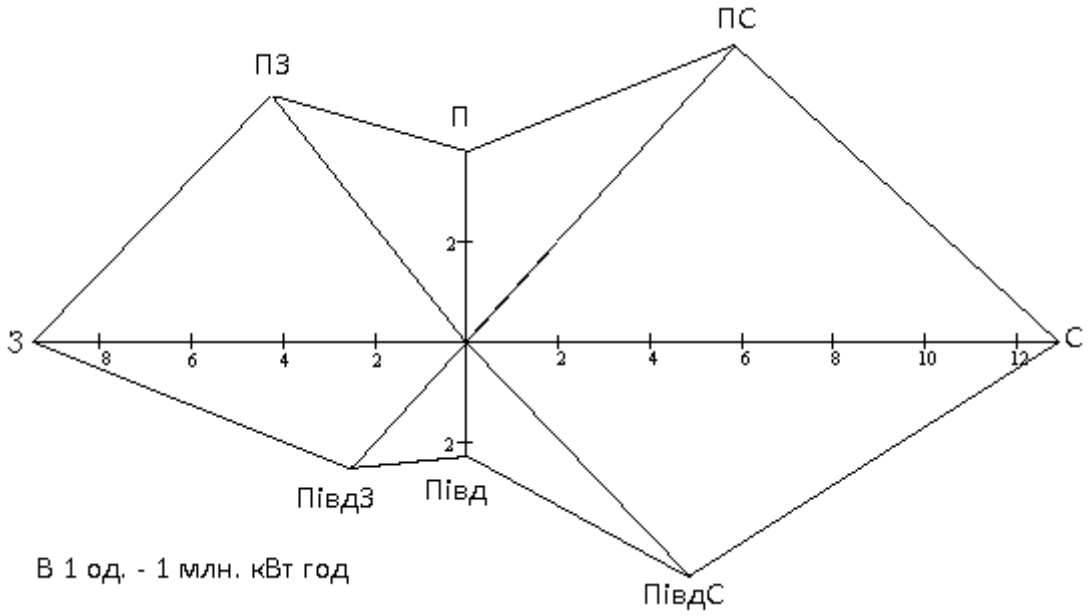

Рисунок 3.8 - Річна енергетична роза вітрів

3.4. Економічні показники

В енергетиці прийнято вести розрахунки економічної ефективності двома методами.

Основний метод - порівняння даної електростанції з альтернативною тепловою, що має ту ж енерговіддачу. Якщо капіталовкладення розглянутої електростанції більші, ніж альтернативної, а щорічні витрати менші, то можна визначити термін окупності додаткових капіталовкладень в розглянутій станції. Якщо цей термін окупності менше нормативного - 12,5 років, то станція визнається ефективною.

Метод абсолютної економічної ефективності полягає у визначенні відношення щорічного прибутку до капіталовкладень, тобто до визначення коефіцієнта рентабельності. Прибуток визначається як різниця доходу, обчисленого за тарифами, і щорічних витрат.

Якщо отриманий коефіцієнт вище нормативного 0,12 або, хоча б, вище встановленого в системі - розглянута станція визнається економічно ефективною.

Зважаючи на високу вартість обладнання показники ВЕС такі, що щорічні витрати більше витрат альтернативної ТЕС, дохід менше щорічних витрат. Тому розрахунки викладеними методами свідомо показують нерентабельність ВЕС. Це відноситься не тільки до розглядуваної ВЕС, а й до будь-яких інших станцій, розташованих у великих енергосистемах.

Для об'єктивної оцінки економіки ВЕС доцільно визначити собівартість виробленої ВЕС енергії. Вона визначається:

$$S = \frac{I_{ВЕС}}{E_{ВЕС}}; \tag{3.2}$$

Щорічні витрати $I_{ВЕС}$ складаються з двох величин

$$I_{ВЕС} = I^{a}_{ВЕС} + И^{E}_{ВЕС}; \tag{3.3}$$

де $I^{a}_{ВЕС}$ - амортизаційні відрахування на реновацію і капремонти,

$I^{E}_{ВЕС}$ - експлуатаційні витрати (зарплата, поточний ремонт, матеріали).

У попередніх розрахунках щорічні витрати приймають зазвичай певним відсотком від капвкладень.

Вартість обладнання ВЕС становить близько 65% капвкладень, тому визначальною складовою витрат будуть амортизаційні відрахування. Беручи відрахування на ВЕУ в розмірі 5% і за аналогією з іншими ВЕС для ВЕС в цілому можна прийняти $I_{ВЕС}$ в розмірі 6% від капвкладень $К_{ВЕС}$. Такий відсоток рекомендується також відділом економіки та перспективи енергетики об'єднання "Гідропроект".

Важливим показником, що використовуються для порівняння різних станцій, є питома вартість встановленого кіловата.

$$k_{ВЕС} = \frac{К_{ВЕС}}{I_{ВЕС}} = \frac{77632500}{22000} = 3528{,}75 грн/кВт, \tag{3.4}$$

Енергетичну ефективність зручно оцінювати числом годин використання встановленої потужності:

$$T_{вик} = \frac{E_{ВЕС}}{N_{ВЕС}} = \frac{52{,}9 \cdot 10^6}{22000} = 2406 год \quad (3.5)$$

Приймаючи також

$$I_{ВЕС} = K_{ВЕС} \cdot \frac{P}{100} = 77632{,}5 \cdot \frac{6}{100} = 4{,}66 млн.грн \quad (3.6)$$

де P - відсоток, який визначає витрати

Отримаємо

$$S = \frac{P}{100} \cdot \frac{k_{ВЕС}}{T_{вик}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{352875}{2406} = 28{,}8 коп / кВт.год; \quad (3.7)$$

Підрахунок собівартості електроенергії ВЕС представлений в таблиці 3.8, з якої видно, що її значення становить в середньому 146,66 коп / кВт.год.

Таблиця 4.4

Розрахунок економічних показників ВЕС

Найменування	Од. вим.	Значення
1. встановлена потужність	кВт	22000
2. виробіток енергії	млн.кВт.год	53,1
3. число годин використання	год	2412
4. капіталовкладення	тис.грн.	77633,1
5. питомі капіталовкладення	грн/кВт	3528,82
6. кожнорічні витрати	млн.грн	4,71
7. собівартість електроенергії	коп/кВт.год	28,8

Оцінюючи потужнісний ефект ВЕС необхідно зважати на те, що потужність ця цілком залежить від вітрового режиму і в окремі відрізки часу

може взагалі бути відсутньою. Тому потужність цю не можна розглядати, як витісняючу. Однак, при незначній частці ВЕС в енергосистемі її потужність не обов'язково слід дублювати іншими генеруючими потужностями, так як при простоях ВЕС її потужність можна компенсувати частиною резерву енергосистеми.

Частка потужності ВЕС, яку можна вважати витісняючою повинна визначатися розрахунками за реальними графіками навантажень. З урахуванням рекомендацій Гідропроекту в першому наближенні її можна прийняти рівною половині потужності ВЕС. З урахуванням цього можна обчислити приведений до кіловат-години тариф:

$$T_{прив} = T_E + \frac{T_N \cdot N_{ВЕС} \cdot 0{,}5 \cdot 100}{E_{ВЕС}} = 75{,}0 + \frac{1500 \cdot 22000 \cdot 0{,}5 \cdot 100}{52{,}9 \cdot 10^6} = 106{,}19 \ \ коп/кВт \cdot год; \quad (3.8)$$

де T_N - тариф за потужністю, грн / кВт;

T_E - тариф по виробленню, коп / кВт.год

Результат підрахунку означає, що різниця між собівартістю і тарифом: 8,8 - 4,25 = 4,55 коп / кВт.год, і становить 51%. Ця частка собівартості повинна бути покрита або за рахунок державної дотації (що практикується у всіх західних країнах, що розвивають вітроенергетику), або за рахунок збільшення тарифу в енергосистемі.

На рис. 3.9 представлена номограма, по якій визначається собівартість енергії ВЕС в залежності від прийнятого для обчислення витрат відсотка і відносини $k_{ВЕС} / T_{вик}$. Докладніший аналіз складових елементів витрат, які може виконати енергосистема, дозволить уточнити за допомогою номограми значення собівартості.

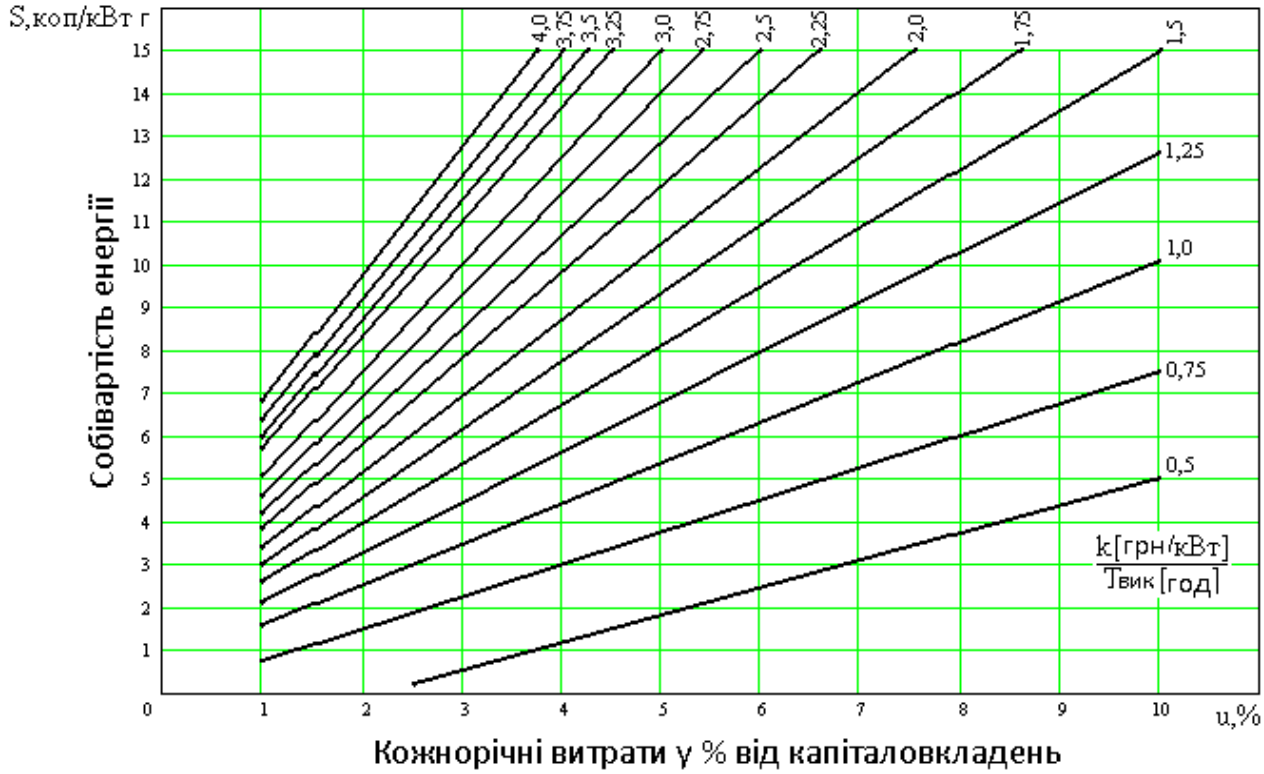

Рисунок 3.9 - Номограмма для визначення ссобівартості енергії ВЕС

Наведені розрахунки не є основою для висновків по недоцільність ВЕС. По-перше, при організації серійного виробництва ВЕУ загальна вартість ВЕС знизиться (але не більше, ніж удвічі). По-друге, існуючі методики базуються на недостатньо науково-обґрунтованих значеннях таких величин, як вартість палива, тарифної електроенергії, нормативний термін окупності і коефіцієнт ефективності, відсоток амортизаційних відрахувань - ці значення даються директивно.

І нарешті - повністю відсутня методика, яка дозволила б оцінити принципову різницю між спалюванням органічного палива з відсутнім забрудненням навколишнього середовища і використанням поновлюваного, екологічно чистого джерела енергії.

Введення оплати за шкідливі викиди ТЕС надзвичайно малі і їх облік мало впливає на економіку. Такий стан гальмує розвиток не тільки вітроенергетики, а й інших поновлюваних джерел енергії.

3.5. Організація виробництва

Вітроелектростанція, що відноситься до об'єктів малої енергетики, є першим генеруючим джерелом в розглядуваній регіональній енергосистемі. Вона повинна перебувати в адміністративно-державному підпорядкуванні регіонального обленерго і в оперативному управлінні ЦЕС обленерго.

Технічне обслуговування, планові капітальні та поточні ремонти основного обладнання доцільно виконувати за допомогою заводів виробників - сервісним методом. Функції планування, нормування, постачання, оплати праці, бухгалтерського обліку та звітності повинні виконуватися централізовано.

У складі ВЕС входять такі підрозділи:

- Управління - 5 осіб;
- Група оперативного персоналу - 7 осіб;
- Ремонтна група - 6 осіб;
- Група адміністративно-господарського обслуговування - 10 осіб;
- Середньорічна чисельність залученого для виконання ремонтних робіт персоналу - 5 осіб.

Передбачаються наступні види технічного обслуговування і ремонту ВЕУ:

- Регламентоване технічне обслуговування ТО-1 і ТО-2;
- поточний ремонт;
- капітальний ремонт.

Реальні трудомісткості їх виконання та міжремонтні терміни визначаються на підставі дослідної експлуатації вітроустановок.

Персонал, що складається в штаті ВЕС, а так само притягається для виконання сервісного обслуговування, розміщується в адміністративному корпусі на РЕБ-Н обленерго, звідки виїжджає на ВЕС для виконання необхідних робіт.

3.6. Економічна ефективність ВЕС

Економічна ефективність ВЕС визначається співставленням витрат: капіталовкладень і щорічних витрат з доходом від відпущеної виробленої енергії.

При виконанні енергоекономічних розрахунків методом порівняльної економічної ефективності з'ясовується, що щорічні витрати ВЕС перевищують витрати альтернативної ТЕС, а під час підрахунку рентабельності ці витрати перевищують дохід, який обчислюється за діючими тарифами. Це пояснюється високою вартістю обладнання і, відповідно, високими витратами, які визначаються, в основному, амортизаційними відрахуваннями і прийняті в розмірі 5,8% від капвкладень. При середньорічному виробленні ВЕС 52,9 млн. кВт год (з урахуванням втрат), потужності 22 мВт, вартості будівництва ВЕС 601,5 млн. грн. показники ВЕС:

- Число годин використання встановленої потужності - 2412 год;
- Питомі капвкладення - 3528,82 грн / кВт;
- Собівартість електроенергії - 28,8 коп /кВт.ч;
- Річна економія умовного палива - 17457 т.

Для забезпечення беззбиткової роботи ВЕС буде потрібна дотація близько 10% собівартості.

Основний напрямок підвищення рентабельності ВЕС - зниження вартості обладнання. Резерви по скороченню інших витрат на будівництво порівняно невеликі.

Необхідна розробка методики визначення економічної ефективності ВЕС, що враховує екологічну чистоту енергії і поновлювані енергетичного ресурсу.

Висновок до третього розділу

Визначені капіталовкладення для спорудження ВЕС склали 77638 тис. гривнів. Розрахунок витрат проводився за основними статтями калькуляції для станції.

Розраховані енергетичні показники ВЕУ і ВЕС в цілому наступні:

- річний виробіток електроенергії ВЕС, склав Е = 62279130 кВт.год, вироблення електроенергії для кожної пори року: зима - Е = 16481318 кВт.год; весна - Е = 18065189 кВт.год; літо - Е = 13123926 кВт.год і осінь - Е = 14608724 кВт.год;

- вироблення електроенергії протягом 12 місяців склало – Е = 52937259 кВт.год, добове вироблення склало - Е = 7460 кВт.год;

- найбільше вироблення електроенергії припадає на весну і становить близько 29% від загальної річного вироблення, а найменша - влітку і становить 27%;

- визначено вироблення електроенергії за напрямками аналіз якої показав, максимум вироблення електроенергії припадає на західний і східний напрямки, а мінімум на південний і північний напрямки. Загальне вироблення електроенергії на майданчику ВЕС складе:

- На східний напрямок - 12,8 млн. кВт год (24,15%);

- На південний напрямок - 2,3 млн. КВт год (4,38%);

- На західний напрямок - 9,3 млн. КВт год (17,65%);

- На північний напрямок - 3,7 млн. КВт год (7,06%).

Вироблення електроенергії на основі інтегральної кривої розподілу швидкості вітру на висоті 36 метрів і потужністної характеристики вітроенергетичної установки "Веселка 1".

Загальна вироблення електроенергії ВЕС і з урахуванням втрат (15%) складе в рік близько 52937 млн кВт год. При встановленій потужності 22 МВт число годин використання встановленої потужності складе близько 2412 годин.

Для розрахунку середньосезонного вироблення електроенергії

застосовувалися дані повторюваності швидкості вітру як середньоарифметичне з середньомісячних значень за багаторічний період.

Розраховані економічні показники ВЕС свідчать не стільки про нерентабельність ВЕС, скільки про непридатність діючих методик для оцінки ефективності поновлюваних джерел енергії. Ці методики базуються на економічно необґрунтованих цінах на паливо, тарифи на електроенергію, директивно встановлені терміни окупності і ніяк не враховують збиток, що наноситься альтернативними ТЕС навколишньому середовищу. Надалі до вироблення таких методик необхідна державна програма субсидій і пільг для вітроенергетики. Енергосистеми повинні своєчасно виступити з відповідною ініціативою, інакше збитковість перших ВЕС може загальмувати подальший розвиток вітроенергетики.

В результаті техніко-економічного розрахунку виявлено, що собівартість трансформації електроенергії 1 кВт дорівнює 28,8 коп / кВт

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Щорічно потужність енергії, отриманої з вітру, в Європі збільшується на 30%, а ринок відповідного обладнання - на 25%. Якщо в 2014 році встановлена потужність на європейському ринку вітроенергетики зросла на 7,619 МВт, то в 2015 цей показник склав уже 8,554 МВт, в результаті загальний результат дорівнював 56,535 МВт.

При виконанні завдання аналізу основних шляхів розвитку сучасних вітроустановок, пріоритети надаються великим вітропаркам на базі вітроелектричних установок мегаватного класу (від 1 до 5 МВт), що працюють у складі об'єднаних енергосистем. На території України рекомендується застосовувати радіальні схеми зєднання ВЕС з головною підстанцією в геометричному центрі парку.

Основна перспектива та перевага застосування енергоустановок альтернативної енергетики в тому, що вони менше забруднюють навколишнє середовище.

Розглянуто три можливі сценарії розвитку вітрової енергетики: консервативний, помірний та оптимістичний. При консервативному сценарії частка вітрової енергетики в світовому виробництві електроенергії може досягти 5% до 2030 року і 6,6% до 2050 року; при помірному 15,6% до 2030 року і 17,7% до 2050 року; при оптимістичному 29,1% до 2030 року і 34,2% до 2050 року.

За минулий 2015 рік в Україні було введено в експлуатацію 16,6 МВт вітрогенеруючих потужностей. Таким чином, за станом на 31 грудня 2015 року сумарна потужність ВЕС материкової частини України склала 426,2 МВт. Всі ВЕС підключені до енергомережі.

Пріоритетний напрям наукових досліджень України є створення вітроенергоустановок з можливістю низького розташування генератора і вертикальною позицією вітросприймаючих елементів.

Україна повністю забезпечена усіма матеріалами для виготовлення вітрових електростанцій усього діапазону потужностей, що застосовуються на практиці - від мікротурбін до потужних вітроагрегатів.

Енергетика є однією з найголовніших частин паливно-енергетичного об'єднання, забезпечуючи більш 7,5% всього обсягу промислового виробництва держави.

На сьогоднішній день в Україні побудовано 13 вітроелектростанцій: 10 з яких в окупованому Криму (за попередніми даними працюючі з них тільки 6), по одній ВЕС у Донецькій та Миколаївській областях, і ще одна у Карпатах поблизу м. Трускавець.

На території України придатними для будівництва ВЕС вважаються площі до 7 тис. км^2, це - карпатський, приазовський, донецький, західнокримський, гірнокримський, керченський регіони, Харківська й Полтавська області.

Перспективним напрямком розвитку електроенергетики України - напрямок на виробництво з подальшим продажем цього товару. Це є дуже вигідним товарообігом, так як продаж електрики набагато дорожче продажу безпосередньо самих корисних копалин.

Продуктивність використання енергетичних ресурсів в Україні становить 34%, а повинна досягти рівня 60-70% до 2030 - 2040 рр.

Розвиток відновлюваної енергетики в Україні стримується низкою негативних факторів, основними з яких є:

– недостатнє нормативно-правове забезпечення;

– відсутність повноцінної стимулюючої політики держави;

– недостатність фінансування науково-дослідних і конструкторських розробок;

– недостатня поінформованість і консерватизм потенційних виробників і споживачів;

– нестача інженерних і наукових кадрів;

– велика капіталомісткість проектів ВЕС.

Визначені капіталовкладення для спорудження типової ВЕС в регіоні склали 77638 тис. гривнів.

Розраховані енергетичні показники ВЕУ і ВЕС в цілому наступні:

- річний виробіток електроенергії ВЕС, склав Е = 62279130 кВт.год;

- вироблення електроенергії протягом 12 місяців склало – Е = 52937259 кВт.год,

- добове вироблення склало - Е = 7460 кВт.год;

Загальне вироблення електроенергії на майданчику ВЕС складе:

- На східний напрямок - 12,8 млн. кВт год (24,15%);

- На південний напрямок - 2,3 млн. КВт год (4,38%);

- На західний напрямок - 9,3 млн. КВт год (17,65%);

- На північний напрямок - 3,7 млн. КВт год (7,06%).

Загальна вироблення електроенергії ВЕС і з урахуванням втрат (15%) складе в рік близько 52937 млн кВт год. При встановленій потужності 22 МВт число годин використання встановленої потужності складе близько 2412 годин.

В результаті техніко-економічного розрахунку виявлено, що собівартість трансформації електроенергії 1 кВт дорівнює 28,8 коп / кВт

Розраховані економічні показники ВЕС свідчать не стільки про нерентабельність ВЕС, скільки про непридатність діючих методик для оцінки ефективності поновлюваних джерел енергії. Ці методики базуються на економічно необґрунтованих цінах на паливо, тарифи на електроенергію, директивно встановлені терміни окупності і ніяк не враховують збиток, що наноситься альтернативними ТЕС навколишньому середовищу. Надалі до вироблення таких методик необхідна державна програма субсидій і пільг для вітроенергетики. Енергосистеми повинні своєчасно виступити з відповідною ініціативою, інакше збитковість перших ВЕС може загальмувати подальший розвиток вітроенергетики.

Збільшення частки вітрової енергетики благотворно позначається на вартості електроенергії для кінцевого споживача, особливо якщо брати до уваги вигоду від зниження викидів двоокису вуглецю, зменшення негативного впливу на здоров'я людини і навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андреев Е. И. Основы естественной энергетики // СПб:. Издательство «Невская жемчужина», 2004 год. - 584 с.

2. Андреев Е. И. Природная энергия // СПб.: 2008. - 176 с.

3. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України. – К., 2011. – 41 с.

4. Безруких П. Возобновляемая энергетика: сегодня - реальность, завтра - необходимость // М:. Лесная страна, 2007 год. - 120 с.

5. Вітроенергетика України: погляд на розвиток терміном 20 років. – К.:2009.

6. Ветроэнергетика. Руководство по применению ветроустановок малой и средней мощности. ИнтерСоларЦентр, Москва – 2001.

7. Ветровые станции большой мощности. Обзорная информация / Лятхер В. М. – М.: Информэнерго, 2007. – 72 с.

8. Возобновляемые источники энергии. Климатическая политика и права человека // С.-Петербург, Русско-Немецкое Бюро Экологической Информации, 2013. - 62 с.

9. Возобновляемые источники энергии на службе человека / Б. М. Берковский, В. А. Кузьминов. – М.: Наука, 2007. – 128 с.

10. Воронин С. М. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: курс лекций // Лекции. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. - 126 с.

11. Гибилиско С. Альтернативная энергетика без тайн // М.: Эксмо, 2010. - 368 с.

12. Голицын М. В., Голицын А. М., Пронина Н. М. Альтернативные энергоносители // М: Наука, 2004. - 159 с.

13. Городов Р. В., Губин В. Е., Матвеев А. С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии // Учебное пособие. – 1-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.

14. Грицевич И. Г. Климат и Энергетика. Перспективы и сценарии низкоуглеродного развития: ЕС, Китай и США в глобальном контексте // М.: Скорость цвета, 2011. – 36 с.

15. Дмитренко Л. В., Барандіч С.Л. Вітроенергетичні ресурси в Україні // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2007. – Вип. 256. – С. 166-173.

16. Дзядикевич Ю. В., Гевко Р. Б., Розум Р. І. та ін. Економіка довкілля і природних ресурсів. монографія Тернопіль: Астон, 2016 –392с.

17. Елистратов В. В. Использование возобновляемой энергии // - СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. — 224 с.

18. Ефимов В. В., Барабанов В. С., Шокуров М. В., Робустова Р. С., Яровая Д. А. Численное моделирование ветрового энергопотенциала Украины // Відновлювана енергетика. – 2010. – No 1. – С. 44-50.

19. Житаренко В.М. Возобновляемые и вторичные источники энергии. Учебное пособие // Сост.: Житаренко В. М. - Мариуполь: ПГТУ, 2006. - 200 с.

20. Кобелев А. В. Повышение эффективности систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии // Автореферат. Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Липецк. Издательство ТГТУ, 2004.

21. Коробко Б. Енергетика та сталий розвиток. К.: 2006 р.

22. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. Неисчерпаемая Энергия ветра. Ветроэлектроагрегаты, ветроэнергетика. – Харьков ХАИ 2014.

23. Кундас С. П. Энергосбережение и возобновляемые источники энергии // Минск, МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011, 160 с.

24. Лосюк Ю. А., Кузьмич В.В. Нетрадиционные источники энергии // Мн.: Технопринт, 2005 Книга, 233 с.

25. Лукутин Б. В. и др. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении // Монография / Б. В. Лукутин, О. А. Суржикова., Е. Б. Шандарова. -М.: Энергоатомиздат, 2008. - 231 с.

26. Магомедов А. М. Возобновляемые источники энергии //Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов. - Махачкала, 2005. -246 с.

27. Обухов С. Г. Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых энергоресурсов // Учебное пособие. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 140 с.

28. Объективные факторы развития возобновляемой и нетрадиционной энергетики Украины / Мхитарян Н. М. // Відновлювана енергетика XXI століття: Тези доп. VII Міжнар. молодіжної наук.-практ. конф. 11-15 вересня 2006. – АР Крим, смт. Миколаївка. – К., 2006. – С. 11 – 22.

29. Осадчий В. І., Бабіченко В. М., Набиванець Ю. Б., Скриник О. Я. Динаміка температури повітря в Україні – К.: Ніка-Центр, 2013. – 308 с.

30. Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 01.10.2014. No 902-р

31. Програма Державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики. – К., 2007.

32. Чиринда М.-В. А. Ефективність використання вітроенергетики //Матеріали міжнародної науково-практичної конференції за участю іноземних студентів «Розвиток аграрного бізнесу в умовах глобалізації» 15-17 квітня 2016р. Тернопіль, ТНЕУ, - 2016, С. 204 – 206.

33. Effects of the wind profile at night on wind turbine sound//Journal of Sound and Vibration, Received 22 January 2003; accepted 22 September 2003.

34. Global Wind Energy Outlook 2014. http://www.gwec.net/publications/global-wind-energy-outlook/global-wind-energy-outlook-2014.

35. Ren21’s Renewables 2015. Global Status Report. http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf.

36. Szentimrey T. Manual of software MISH / T. Szentimrey – Hungarian Meteorological Service, 2011. – 32 p. – http://www.met.hu/en/omsz/-palyazatok_projektek/carpatclim/.

37. «Wind Turbine Acoustic Noise», Renewable Energy Research Laboratory, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Massachusetts at Amherst. June 2002, Amended January 2006.

38. World Energy Investment Outlook. 2014. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ WEIO2014.pdf