

**О. В. Федоров**<sup>1</sup>  
**М. М. Кузнєцов**<sup>2</sup>

## **АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ВІДДАЛЕНИХ СПОЖИВАЧІВ**

<sup>1</sup>Нижньгородський державний технічний університет ім. Р.Е. Алексєєва;

<sup>2</sup>Центр фізико-технічних проблем енергетики Півночі КНЦ РАН

*Показана доцільність комплексного використання поновлюваних джерел енергії різного типу для автономного енергозабезпечення віддалених споживачів. Сумісна їх експлуатація дозволяє збільшити надійність електропостачання та підвищити ефективність використання встановленої потужності поновлюваних джерел енергії.*

**Ключові слова:** автономне енергозабезпечення, поновлювані джерела енергії, комплексне використання.

### **Вступ**

Відповідно до основних напрямків державної політики Російської Федерації з підвищення енергетичної ефективності електроенергетики на основі використання поновлюваних джерел енергії до 2020 р. цільовим показником є збільшення обсягу виробництва електроенергії електростанціями, що використовують поновлювані джерела енергії з 0,5 до 4,5 %. Для досягнення зазначеного показника необхідно забезпечити введення електроустановок, що генерують (малих гідроелектростанцій, вітроелектричних (ВЕС) та сонячних (СЕС) станцій, приливних, геотермальних, теплових, які використовують біомасу, та ін.) сумарною потужністю 25 ГВт. Темпи зростання виробництва електроенергії у світі за рахунок різних поновлюваних джерел енергії є найвищими — 8,3 %. В 2010 р. введення електростанцій у Європейських країнах становило: фотоелектричних станцій — 12000 МВт (перевищив уведення ВЕС), вітроелектростанцій — 9259 МВт, електростанції на біомасі — 573 МВт, сонячні термодинамічні станції — 405 МВт, станції на торфі — 200 МВт, на твердих побутових відходах — 149 МВт, малі ГЕС — 25 МВт, геотермальні електростанції — 25 МВт [1].

Для економічної підтримки використання поновлюваних джерел енергії в закордонних країнах застосовуються: фіксовані тарифи (надбавки до ринкових цін) на енергію; система обов'язкових квот на виробництво (споживання) енергії; тендерна система реалізації проектів генерування енергії; система податкових списань [2]. В Росії в цей час розробляються механізми підтримки генерування енергії на основі поновлюваних джерел енергії. Проекти з впровадження поновлюваних джерел енергії, що одержали державну підтримку, повинні базуватися на російському устаткуванні не менше, ніж на 50 %. При цьому передбачається розвиток альтернативних джерел енергії в районах, віддалених від централізованого електропостачання. Це пов'язано з певними особливостями, які розглядаються в цій статті.

### **Результати дослідження**

Альтернативна енергетика для віддалених споживачів застосовується на гірських підприємствах, для енергозабезпечення будинків, на сільськогосподарських підприємствах, у фермерських господарствах як стаціонарні, так і мобільні комплексні автономні джерела енергії.

Гірські підприємства, що перебувають на значній відстані від енергосистеми, є споживачами привізного дизельного палива, ціна на яке в процесі доставки значно збільшується. Це пов'язано з далекістю та з важкодоступністю об'єкта. Реалізація заходів щодо економії енергоресурсів на гірських підприємствах, що перебувають у таких умовах, дозволить значно знизити витрати енергії в собівартості продукції. Електропостачання віддалених споживачів здійснюється від дизельних електростанцій (ДЕС). Електроенергія використовується як для технологічних (екскавація, агломерація й т. д.), так і для побутових потреб. Використання електроенергії від ДЭС на опалення й гаряче водопостачання нерациональне через низький коефіцієнт корисної дії (ККД) системи ДЕС-електричний котел. Пропонується використовувати утилізоване тепло ДЕС, що приводить до еко-

номії паливно-енергетичних ресурсів і збільшенню ККД дизель-агрегатів: теплообмінники з використанням як вторинний теплоносії повітря (повітряна схема) або води (водяна схема); утилізація теплоти тільки вихлопних газів дизеля. ККД пересувної ДЕС з використанням повітряної схеми досягає 90 %, водяної — 80—90 %. Таким чином, якщо без утилізації теплоти ККД дизель-агрегата становить 40 %, то комплексна утилізація теплоти ДЕС (з використанням тепла, що відводиться системою охолодження) підвищує КПД установки до 90 % при номінальному навантаженні дизель-агрегата.

Підвищити ефективність використання енергоресурсів підприємства можна за рахунок сонячної енергії. Застосовуючи в комплексі специфічні архітектурно-планувальні рішення, систему утилізації тепла від ДЭС, спеціальні матеріали, різні системи сонячних колекторів для опалення й гарячого водопостачання відбувається зниження споживаного дизельного палива й збільшення експлуатаційного строку дизель-агрегата.

В енергоефективних будинках з використанням поновлюваних джерел енергії (сонячні вакуумні водонагрівачі гарячого водопостачання з колекторами, тепловий насос із використанням низькопотенціальної енергії підземних вод, рекуператор) енергія, вироблена альтернативними джерелами, становить до 45 % від загального її споживання в аналогічному будинку [3].

Автономне джерело тепlopостачання підтримує необхідну температуру теплоносія в закритій системі тепlopостачання за графіком залежно від температури зовнішнього повітря. Контроль і облік споживаної теплової енергії здійснюється автоматично. При цьому передбачається пріоритет одержання тепла від поновлюваних джерел енергії.

Ринок вітроенергетики в Росії має високий потенціал розвитку, що характеризується значними вітроенергетичними ресурсами: загальний вітропотенціал країни оцінюється в 2000...3000 ТВт·г/рік, економічний вітропотенціал оцінюється в 200...300 млрд кВт·г/рік. Для освоєння економічного вітропотенціалу потрібне будівництво ВЕС сумарною встановленою потужністю 100...150 ГВт. На Північно-Заході Росії планується будівництво вітропарків загальною потужністю до 200 Мвт (табл. 1).

Таблиця 1

#### Вітропарки, що плануються на Північно-Заході Росії

Найменування проекту	Суб'єкт, адреса об'єкта	Потужність, МВт	Стан проекту
Кемська ВЕС-1, ВЕС-2, ВЕС-3, ВЕС-4	Карелія, Кемський муніципальний район	96	Виділено площадку
Біломорська ВЕС-1, ВЕС-2, ВЕС-3, ВЕС-4	Карелія, Біломорський муніципальний район	96	Виділено площадку
ВЕС «Териберка»	Мурманська область, п. Туманний, Териберка	200	Проводиться вітромайніторинг
ВЕС «Зірочка»	Архангельська область, м. Северодвинськ	25	Підготовка вітромайніторингу

Дотепер у декількох віддалених поселеннях Мурманської області (широта більше 66° і щільність населення менше 5 осіб/км<sup>2</sup>) для енергозабезпечення використовуються в основному дизель-генерувальні установки, можливості яких не дозволяють забезпечити надійність електропостачання споживачів. Закупівля й доставка дизельного палива здійснюється в рамках реалізації заходу щодо забезпечення придбання й доставки нафтопродуктів і палива у віддалені населені пункти з обмеженими строками завезення вантажів за рахунок засобів обласного бюджету й для цього щорічно витрачається близько 40 млн руб. Для забезпечення жителів віддалених поселень електричною енергією при зниженні обсягу ввезеного палива й поліпшення якості життя населення проводиться модернізація систем електропостачання за рахунок доповнення дизель-генераторів, вітровими й сонячними електростанціями. Комплексна енергоустановка дозволяє забезпечити споживачів цілодобовим електропостачанням, скоротивши регіональне бюджетне фінансування за рахунок зниження обсягів завезеного палива й дизельних масел. Собівартість вироблюваної електроенергії знижується на 50 % і строк експлуатації дизельних станцій продовжується на 25 %.

На рисунку, як приклад, показана така комплексна електроустановка. Повна потужність електростанції становить 92 кВт, з них два дизель-генератори по 30 кВт, чотири вітроустановки потужністю по 5 кВт і 60 сонячних панелей по 0,2 кВт.



Комплексна енергоустановка в Мурманській області

Витрати на модернізацію такої системи енергозабезпечення споживачів становлять 218 млн руб. (з федерального бюджету — 22 %, обласного бюджету — 38 %, місцевого бюджету — 3 %, позабюджетні засоби — 37 %). Реалізація проекту дозволяє скоротити обсяг завезеного дизельного палива (60 т/рік), дизельних масел (0,3 т/рік). Успішна робота комплексної енергоустановки створює передумови для тиражування проекту у вилучених поселеннях Мурманської області, котра має значний потенціал поновлюваних джерел енергії.

Вітрова енергія в Мурманській області оцінюється в 360 млрд кВт·год у рік, що більше ніж в 20 разів перевищує енергоспоживання в регіоні. Технічний потенціал ресурсів малої гідроенергетики на Кольському півострові оцінюється в 4,4 млрд кВт·год у рік (менше 1,5 % від вітрової). Будівництво на Кольському півострові вітропарку (80 турбін по 2,5 МВт) дозволить ефективніше використовувати потужності гідроелектростанцій. Однак, підключення ВЕС до розподільних мереж вимагає рішення технічних питань, пов'язаних із проблемами якості електроенергії як для мережі, так і для споживачів: флікер, коливання реактивної потужності, поява вищих гармонік, хибне спрацювання релейного захисту, а також розроблення економічних механізмів збуту енергії споживачам [5].

Головним завданням впровадження енергоустановок, що працюють на альтернативному виді палива, є досягнення економічно виправданої максимальної економії енергетичних ресурсів і зниження сумарних витрат на використання палива. Порівняльний аналіз ефективності використання різних видів палива для котельної встановленої потужності 1 МВт наведений у табл. 2. За 90 % навантаження та тривалості опалювального періоду 229 доби вироблено теплової енергії 1021 ГДж. З табл. 2 видно, що економічно ефективним є використання як палива відходів деревообробки, дров і торфу.

З метою скорочення дефіциту паливно-енергетичних ресурсів, зниження витрат на доставку палива, розширення обсягів використання його місцевих екологічно чистих поновлюваних видів доцільно приступитися до роботи з формування концепції переведення котелень на альтернативні види палива (відходи деревообробних підприємств). У перспективі, переведення котелень житлово-комунального господарства традиційних видів, що поставляються в регіони, палива (вугілля, мазуту) на відходи деревообробки дозволяє знизити бюджетне навантаження регіону й заощаджувати дорогі паливно-енергетичні ресурси. Основними технологічними способами одержання теплової енергії з альтернативних видів палива є: спалювання, швидкий пироліз і газифікація. Найбільш підходящою технологією одержання теплової енергії з деревних відходів і торфу для малих і середніх підприємств, невеликих селищ є процес газифікації в газогенераторах у складі газогенераторних теплових станцій. Значне здешевлення теплової енергії можна одержати за рахунок мінімізації транспортних витрат на доставку палива, тобто розташувати котельню в межах деревообробного підприємства або в його околицях.

### Висновки

Для збільшення коефіцієнта використання встановленої потужності поновлюваних джерел енергії доцільне застосування комплексних автономних систем енергопостачання. Вони можуть працювати на сонячній і вітровій енергії, енергії малих рік, геотермальній енергії й біопаливі.

Таблиця 2

#### Показники ефективності використання палива в котельнях

Паливо	Витрати на паливо, тис. руб.
тирса (тріска)	472,2
дрова	1225,1
торф	1301,7
газ	2535,3
вугілля	2824,6
пелети	6142,6
мазут	6176,7
дизпаливо	14829,1
електроенергія	15986,2

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Безруких П. П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов / П. П. Безруких, П. П. Безруких (младший). — М. : Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации / Центр экологической политики России, 2011. — 74 с.
2. Осадчий Г. В. Солнечная энергия, ее производные и технология их использования (Введение в энергетику ВИЭ): моногр. / Г. В. Осадчий. — Омск : ИПК Е. А. Макшеевой, 2010. — 572 с.
3. Технологии "Пассивного дома" и возможность применения в Уральском Федеральном округе URL [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://energodoma.ru/karta-energoeffektivnykh-domov-rossii/sibirskij-fo/house/48> (дата обращения 01.06.2015).
4. Кондратьев Р. В. Использование альтернативных видов топлива в северных районах Нижегородской области / Р. В. Кондратьев, М. А. Кочева // Современные наукоемкие технологии. — 2013. — № 8 (2). — С. 306—307.
5. Відновлювані джерела в розподільних електричних мережах : моногр. / [П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик]. — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 204 с.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 27.11.2015

**Федоров Олег Васильович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри керування інноваційною діяльністю, e-mail: [fov52@nm.ru](mailto:fov52@nm.ru), [fov52@mail.ru](mailto:fov52@mail.ru).

Нижегородський державний технічний університет ім. Р. Е. Алексєєва, м. Нижній Новгород, Росія

**Кузнецов Микола Матвійович** — канд. техн. наук, провідний науковий співробітник, e-mail: [lee51@mail.ru](mailto:lee51@mail.ru)

Центр фізико-технічних проблем енергетики Півночі КНЦ РАН, м. Апатити, Росія

**O. V. Fedorov<sup>1</sup>**  
**M. M. Kuznetsov<sup>2</sup>**

## Alternative Energy Sources for Remote Customers

<sup>1</sup>Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev;

<sup>2</sup>Center for Physical and Technical Problems of Energy in Northern KSC of the RAS

*The article contains the feasibility of an integrated renewable energy for different types of independent power supply remote consumers. Joint exploitation allows increasing the reliability of electricity supply and improving the utilization of the installed capacity of renewable energy sources.*

**Keywords:** autonomous power supply, renewable energy, comprehensive utilization.

**Fedorov Oleg. V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Innovation Management, Professor, e-mail: [fov52@nm.ru](mailto:fov52@nm.ru), [fov52@mail.ru](mailto:fov52@mail.ru);

**Kuznetsov Mykola M.** — Cand. Sc. (Eng.), Senior Researcher, e-mail: [lee51@mail.ru](mailto:lee51@mail.ru)

**О. В. Федоров<sup>1</sup>**  
**Н. М. Кузнецов<sup>2</sup>**

## Альтернативные источники энергии для удаленных потребителей

<sup>1</sup>Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексєєва;

<sup>2</sup>Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН

*Показана целесообразность комплексного использования возобновляемых источников энергии различного типа для автономного энергообеспечения удаленных потребителей. Совместная их эксплуатация позволяет увеличить надежность электроснабжения и повысить эффективность использования установленной мощности возобновляемых источников энергии.*

**Ключевые слова:** автономное энергообеспечение, возобновляемые источники энергии, комплексное использование.

**Федоров Олег Васильевич** — д-р техн. наук, профессор, кафедра управления инновационной деятельностью, профессор кафедры, e-mail: [fov52@nm.ru](mailto:fov52@nm.ru), [fov52@mail.ru](mailto:fov52@mail.ru)

**Кузнецов Николай Матвеевич** — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: [lee51@mail.ru](mailto:lee51@mail.ru)