

О. Ю. КОЗЛОКОВ, В. М. ГОЛОЩАПОВ, О. В. КОТУЛЬСЬКА, Т. М. ПАРАМОНОВА

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Проведено аналіз приросту нових вітрових і сонячних станцій, відмічено, що він збільшився у сім разів і згідно Енергетичної стратегії України у 2035 році вироблення електроенергії повинно буде складати 25 % від загальної виробки електроенергії в країні. Відновлювані джерела енергії (вітрова та сонячна) при виробництві електроенергії не забезпечують сезонну і добову рівномірність її подачі в енергомережу. При цьому істотно збільшується нерівномірність роботи енергомережі. Так виробництво електроенергії сонячними електростанціями змінюється від максимального, коли сонце в zenіті, до нульового в нічний час після заходу сонця. У зимові дні при наявності хмар виробництво електроенергії знижується в десятки разів у порівнянні з літнім часом. Виробництво електроенергії вітровими електростанціями пов'язано з наявністю вітру і його швидкістю, а також з наявністю місць зі стійкими вітровими потоками. При штилі і вітрі нижче 4–5 м/с вітрові станції практично не виробляють електроенергію, а відсутність акумуляторів великої ємності не дозволяє стійко забезпечувати споживачів електроенергією. Тому при використанні відновлюваних джерел енергії треба мати надійні компенсуючі потужності виробітки електроенергії. Будівництво значної кількості ВЕС та СЕС, які працюють у надзвичайно змінному режимі, як добовому, так і сезонному потребує виконати аналіз їх роботи і на базі цього провести оцінку необхідних компенсуючих потужностей. При цьому слід враховувати, що робота СЕС не забезпечує виробництво електроенергії в часи піку її використання. Це посилює нерівномірність роботи ОЕС. Тому, компенсуючі потужності повинні мати велику складову пікової, яка не компенсується діючими ГЕС, а будівництво ГАЕС досі не завершено, а також не заплановане в необхідному обсязі в Енергетичній стратегії. Крім того, слід враховувати нерівномірне споживання електроенергії регіонами, що потребує, для зменшення втрат електроенергії в мережах, розглянути раціональне розміщення компенсуючих та пікових потужностей, забезпечення їх паливом в залежності від обраних типів обладнання. При вирішенні цих проблем слід враховувати можливості діючих електростанцій (ТЕС та АЕС), розташованих у різних регіонах, взяти на себе функції часткової компенсації недовиробітку електроенергії ВЕС та СЕС.

Ключові слова: сонячна електростанція, вітрова електростанція, відновлювані джерела енергії, сонячні панелі, вітротурбіни, «зелений» тариф, генеруюча потужність, розподілена потужність.

А. Ю. КОЗЛОКОВ, В. Н. ГОЛОЩАПОВ, О. В. КОТУЛЬСКАЯ, Т. Н. ПАРАМОНОВА

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ

Проведен анализ строительства новых ветровых и солнечных станций, отмечено, что оно увеличилось в семь раз и согласно Энергетической стратегии Украины в 2035 году выработка электроэнергии должна будет составлять 25 % от общей выработки электроэнергии в стране. Возобновляемые источники энергии (ветровая и солнечная) при производстве электроэнергии не обеспечивают сезонную и суточную равномерность ее подачи в энергосеть. При этом существенно увеличивается неравномерность работы энергосети. Так производство электроэнергии солнечными электростанциями меняется от максимального, когда солнце в zenіті, к нулевому в ночное время после захода солнца. В зимние дни при наличии облаков производство электроэнергии снижается в десятки раз по сравнению с летним временем. Производство электроэнергии ветровыми электростанциями связано с наличием ветра и его скоростью, а также с наличием мест с устойчивыми ветровыми потоками. При штиле и ветре ниже 4–5 м/с ветровые станции практически не производят электроэнергию, а отсутствие аккумуляторов большой емкости не позволяет устойчиво обеспечивать потребителей электроэнергией. Поэтому при использовании возобновляемых источников энергии надо иметь надежные компенсирующие мощности выработки электроэнергии. Строительство значительного количества ВЭС и СЭС, которые работают в чрезвычайно сменном режиме, как суточном, так и сезонном требует выполнить анализ их работы и на базе этого провести оценку объема необходимых компенсирующих мощностей. При этом необходимо учитывать, что работа СЭС не обеспечивает производство электроэнергии во времена пика ее использования. Это усиливает неравномерность работы ОЭС. Поэтому, компенсирующие мощности должны иметь большую составляющую пиковую, которая не компенсируется действующими ГЭС, а строительство ГАЭС до сих пор не завершено, а также не запланировано в необходимом объеме в Энергетической стратегии. Кроме того, следует учитывать неравномерное потребление электроэнергии регионами, что требует для уменьшения потерь электроэнергии в сетях, рассмотреть рациональное размещение компенсирующих и пиковых мощностей, обеспечение их топливом в зависимости от выбранных типов оборудования. При решении этих проблем следует учитывать возможности действующих электростанций (ТЕС и АЭС), расположенных в различных регионах и взять на себя функции частичной компенсации недовыработки электроэнергии ВЭС и СЭС.

Ключевые слова: солнечная электростанция, ветровая электростанция, возобновляемые источники энергии, солнечные панели, ветротурбины, «зеленый» тариф, генерирующая мощность, распределенная мощность.

A. KOZLOKOV, V. GOLOSCHAPOV, O. KOTULSKA, T. PARAMONOVA

ANALYSIS OF THE STATE AND TRENDS OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN UKRAINE

An analysis of the growth of new wind and solar stations was carried out, it was noted that it increased sevenfold and according to the Energy Strategy of Ukraine in 2035, electricity generation should be 25 % of the total electricity generation in the country. Renewable energy sources (wind and solar) in the production of electricity do not provide seasonal and daily uniformity of its supply to the grid. This significantly increases the unevenness of the grid. So the production of electricity by solar power plants varies from maximum when the sun is at its zenith, to zero at night after sunset. In the winter days, in the presence of clouds, electricity production is reduced tenfold compared to summertime. Electricity production by wind farms is associated with the presence of wind and its speed, as well as the availability of places with stable wind flows. With a calm and wind below 4–5 m/s, wind farms practically do not produce electricity, and the lack of large-capacity batteries does not allow for stable supply of electricity to consumers. Therefore, when using renewable energy sources, it is necessary to have reliable compensating power generation. The construction of a significant number of wind farms and wind farms that operate in extremely shifts, both daily and seasonal, requires an analysis of their work and on this basis an assessment of the amount of necessary compensating capacities. It should be borne in mind that the work of the SES does not ensure the production of electricity at the peak of its use. This reinforces the uneven operation of the ECO. Therefore, compensating capacities should have a large peak

component, which is not compensated by existing hydropower plants, and the construction of a PSPP has not yet been completed, nor has it been planned in the required amount in the Energy Strategy. In addition, it is necessary to take into account the uneven consumption of electricity by regions, which requires reducing rational distribution of compensating and peak capacities and providing them with fuel, depending on the selected equipment types, to reduce electric power losses in the networks. In solving these problems, one should take into account the capabilities of existing power plants (TPPs and nuclear power plants) located in various regions and take on the functions of partial compensation for underproduction of electricity from wind farms and solar power plants.

Keywords: solar power station, wind power station, renewable energy sources, solar panels, wind turbines, "green" tariff, generating capacity, distributed power.

Вступ. У сучасному світі існує ряд глобальних проблем. Одна з них – обмеження природних ресурсів. З кожною хвилиною у світі використовується велика кількість нафти, газу, вугілля для потреб населення. Виникає питання, на який період вистачить цих ресурсів, якщо продовжити їх використання у великій кількості.

В Україні недостатньо енергоресурсів, що потребує проводити кожного року їх закупівлю енергоносіїв у великому обсязі, як для потреб промисловості, так і населення. Одним з напрямів забезпечення електричною енергією є використання відновлюваних джерел енергії.

Тому розвиток відновлювальної енергетики в Україні є актуальним завданням у промисловому масштабі. Необхідність використання відновлюваних джерел енергії зумовлюється не тільки обмеженими запасами викопних палив, але і вимогами до зменшення викидів в атмосферу парникових газів, які впливають на тепловий баланс планети.

Доцільність використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) визначаються в першу чергу їх економічною ефективністю та конкурентноздатністю в порівнянні з традиційними енергетичними технологіями [1]. Це пояснюється такими причинами як невичерпність ВДЕ, відсутністю потреби у транспортуванні, екологічно вигідні, тому що не забруднюють навколишнє середовище.

Відновлювані джерела енергії (вітрова та сонячна) при виробництві електроенергії не забезпечують сезонну і добову рівномірність її постачання в енергомережу. При цьому істотно збільшується нерівномірність роботи енергомережі. Так виробництво електроенергії сонячними електростанціями (СЕС) змінюється від максимального, коли сонце в зеніті, до нульового після заходу сонця та в нічний час. У зимові дні при наявності хмар виробництво електроенергії знижується в десятки разів у порівнянні з літнім часом [2–6].

Виробництво електроенергії вітровими електростанціями (ВЕС) пов'язано з наявністю вітру і його швидкістю, а також з наявністю місць зі стійкими вітровими потоками. При штилі і вітрі нижче 4–5 м/с вітрові станції практично не виробляють електроенергію, а відсутність акумуляторів великої ємності не дозволяє стійко забезпечувати споживачів електроенергією [7–9].

Тому при використанні відновлювальних джерел енергії треба мати надійні компенсуючі потужності.

Метою даного дослідження є аналіз необхідності компенсуючих потужностей, їх розташування, урахування маневрених можливостей діючих електростанцій для створення стійкого забезпечення

споживачів електроенергією.

Аналіз досліджень і публікацій. Активні науково-технічні розробки в галузі освоєння відновлюваних джерел енергії почалися в період 1973–1975 років [10, 11].

Останнім часом в Україні багато уваги приділяється проблемі використання відновлюваних джерел енергії. По-перше, це пов'язано з вичерпністю традиційних родовищ органічного і ядерного палива, по-друге, енергетики різних країн, і України в тому числі, стали серйозніше враховувати екологічні аспекти функціонування систем енергопостачання і сфери енергоспоживання [10]. Екологічну загрозу представляє парниковий ефект, негативний вплив якого на природу з кожним роком збільшується. На даний час частка відновлюваних джерел енергії загалом у світовому енергоспоживанні складає приблизно 16,7 % Ретельно займаються цією проблемою в Інституті відновлюваної енергетики НАН України [7]. Також до вирішення цієї проблеми активно підключився Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України.

Метою цієї статті є аналіз ефективності роботи та стану діючих на території України ВЕС та СЕС та розгляд питання вибору компенсуючих потужностей, місць їх розташування з урахуванням маневрених можливостей діючих електростанцій для стійкого забезпечення споживачів електроенергією при змінному на протязі доби режимі роботи ВДЕ [12].

Виклад основного матеріалу. Зараз на території України діє ряд вітрових та сонячних електростанцій, загальна потужність яких не перевищує 8 % потужностей діючих електростанцій, що забезпечують електроенергією об'єднану енергетичну систему (ОЕС) України [13].

За останні два роки приріст нових вітрових і сонячних станцій збільшився у сім разів і згідно Енергетичної стратегії України у 2035 році вироблення електроенергії повинно буде складати 25 % від загальної виробки електроенергії в країні [14–17].

Будівництво значної кількості ВЕС та СЕС, які працюють у надзвичайно змінному режимі, як добовому, так і сезонному потребує виконати аналіз їх роботи і на базі цього провести оцінку обсягу необхідних компенсуючих потужностей. При цьому необхідно враховувати, що робота СЕС не забезпечує виробництво електроенергії в часи піку її використання. Це посилює нерівномірність роботи ОЕС. Тому, компенсуючі потужності повинні мати велику складову пікової, яка не компенсується діючими ГЕС, а будівництво ГАЕС досі не завершено, а також не заплановане в необхідному обсязі в Енергетичній стратегії України (ЕСУ) [2]. Крім того, слід враховувати нерівномірне споживання електроенергії

регіонами, що потребує для зменшення втрат електроенергії в мережах, розглянути раціональне розміщення компенсуючих та пікових потужностей, забезпечення їх паливом в залежності від обраних типів обладнання.

При вирішенні цих проблем слід враховувати можливості діючих електростанцій (ТЕС та АЕС), розташованих у різних регіонах, взяти на себе функції часткової компенсації недовиробітку електроенергії ВЕС та СЕС [18, 19].

Збір інформації про діючі ВЕС та СЕС показав, що більшість ВЕС побудовано у Миколаївській, Херсонській та Запорізькій областях. Найбільш потужна – це Ботієвська ВЕС, яка розташована у селищі Ботієво Приазовського району. Її потужність складає 200 МВт, побудована у 2012 році. При експлуатації цієї ВЕС упродовж 20 років можливо зекономити 34,8 млн. т вугілля. Кожен рік роботи станції дозволяє знизити шкідливі викиди приблизно на 730 тис. т CO₂. На Ботієвській станції використовується 65 турбін датської компанії VESTAS. Висота башти однієї турбіни складає 94 метри, а загальна висота конструкції – 149 метрів.

У грудні 2018 року підписано договір з компанією VESTAS про будівництво Орловської ВЕС у Запорізькій області. Її вітропарк буде складатися з 26 турбін потужністю 3,8 МВт кожна. Кількості електроенергії, що буде вироблятися цією ВЕС буде достатньо для забезпечення потреби в електроенергії 200 тисяч домогосподарств області. Генерація Орловською ВЕС скоротить викиди CO₂ діючих електростанцій ~ на 400 тис. т на рік.

Що стосується СЕС, то лідерами сонячної енергетики є Запорізька область (152 МВт), Миколаївська область (132 МВт), Одеська і Херсонська області (272,11 МВт) та Київська область (76,3 МВт). Останнім часом спостерігається значний інтерес до використання сонячної енергії приватними домогосподарствами.

За даними Держенергоефективності кількість домашніх сонячних електростанцій в Україні за останні 4 роки збільшилось у 375 разів, а з початку 2019 року 1400 українських родин встановили домашні СЕС. Всього за станом на 1 липня 2019 року кількість приватних СЕС складає приблизно 12 тисяч одиниць загальною потужністю 280 МВт. Розвиток ВЕС та СЕС в Україні було забезпечено за рахунок адміністративно встановлених високих тарифів. Так на сьогодні тариф на сонячну електроенергію складає 12–14 євроцентів за 1 кВт·год, а вітрову – 4,5–10 євроцентів. Для порівняння: сьогодні тариф на електроенергію, яка вироблена українськими атомними станціями складає близько 1,7 євроцента, а на електроенергію теплових електростанцій – близько 5,5 євроцента. Тому, з кінця 2018 року в енергетичній сфері виникло питання щодо необхідності введення аукціонів у «зеленій» енергетиці. Система «зелених» аукціонів діє у багатьох країнах і дозволяє знизити ціни на «зелену» енергетику. Головна ідея «зелених» аукціонів полягає у визначенні найнижчої ціни для споживачів електроенергії.

25 квітня 2019 року Верховною Радою був

прийнято законопроект № 8449-д про впровадження «зелених» аукціонів для поновлюваних джерел енергії з 01.01.2020 р. Документ дозволить істотно знизити ціну кіловат-години «зеленої» генерації і відмовитися від високих фіксованих «зелених» тарифів [20].

Крім того, законопроект вводить квоти на спорудження нових електростанцій, що є досить актуальним заходом в умовах назрілої загрози перегріву ринку ВДЕ в Україні. Йдеться про те, що енергосистема незабаром може виявитися технічно нездатною «перетравити» всі потужності відновлюваної генерації.

Остаточне ухвалення закону, разом із виконанням інших заходів, дозволить збалансувати темпи розвитку «зеленої» генерації відповідно до можливостей енергетичної галузі, а також платоспроможності споживачів.

Також, у «зеленій» енергетиці назріла ще одна проблема, яка потребує негайного вирішення. Так, кліматичні умови України не дають змоги використовувати енергію сонця і вітру цілий рік. Восени та взимку спостерігається нерівномірність швидкості вітру, а сонячна енергія значно зменшується у зимовий період та залежить від хмарності. Таким чином, робота СЕС та ВЕС потребує компенсуючих потужностей, які б змогли оперативним чином заповнювати дефіцит електроенергії у енергосистемі.

Висновки. Проаналізувавши розташування ВЕС та СЕС України, ми дійшли висновку, що компенсуючими станціями можуть бути Запорізька АЕС, Хмельницька АЕС, Южно-Українська АЕС, Трипільська ТЕС та міські ТЕЦ обласних центрів з урахуванням їх стану та подовження терміну експлуатації, які розташовані неподалік від СЕС та ВЕС.

В подальшій роботі буде дана оцінка доцільних місць розташування нових ВЕС і СЕС, їх встановленої потужності для вироблення прийнятих в ЕСУ-2035 обсягів електроенергії та оцінка необхідних обсягів компенсуючих потужностей.

Список літератури

1. Соловей О. І., Лега Ю. Г., Розен В. П., Ситник О. О., Чернявський А. В., Курбака Г. В. *Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії*. Черкаси: ЧДТУ, 2007. 483 с.
2. *Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»*. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/250250456> (дата звернення: 12.10.2019).
3. *Державна служба статистики України*. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 12.10.2019).
4. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. *Неисчерпаемая энергия. Книга 2. Ветроэнергетика*. Харьков: Нац. Аэрокосм. ун-т «ХАИ», Севастополь: Севаст. Нац. техн. ун-т, 2004. 519 с.
5. *Энергетика: история, настоящее и будущее. Т. 4. Возобновляемая энергетика. Функционирование и развитие энергетики в современном мире*. Киев, 2010. 612 с.
6. Праховник А. В. *Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения*. Киев: Освіта України, 2007. 464 с.
7. Кудря С. О. *Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії*. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 492 с.
8. *Генерація електроенергії возобновляемыми источниками*. URL: <https://kosatka.media/category/vozobnovlyaemaya-energiya/analytics/generacii-elektroenergii-iz-vie-v-aprele-2019> (дата обращения: 14.10.2019).
9. Безруки П. П. *Использование энергии ветра. Техника,*

- економіка, екологія. Москва: Колос, 2008. 196 с.
10. Мхитарян Н. М. *Енергетика нетрадиційних і возобновляемих джерел енергії*. Київ: Наукова думка, 1999. 314 с.
 11. Клавдиенко В. П., Тарасов А. П. Нетрадиційна енергетика в країнах ЄС: економічне стимулювання розвитку. *Енергія: економіка, техніка, екологія*. 2006. № 9. С. 42–46.
 12. Кудря С. О. Комплексні енергетичні вузли на основі нетрадиційних джерел енергії: науково-технічний звіт. Київ, 2000. 178 с.
 13. *Закон України № 2755-VIII. Про альтернативні джерела енергії*. Київ: Верховна Рада України, 2003.
 14. *Динаміка розвитку сектора ВИЕ*. URL: <https://kosatka.media/category/vozobnovlyaemaya-energiya/analytiks/razvitie-sektora-vie-vo-ii-kvartale-2019> (дата звернення: 12.10.2019).
 15. *Ветроенергетика України: перспектива розвитку наближайшій 20 років*. Київ: INFORSE Міжнародна мережа по сбалансованій енергії, ГО «Енергія майбутнього століття», 1999. 10 с.
 16. Безруких П. П. Возобновляемая энергетика: вчера, сегодня, завтра. *Энергетические станции*. 2005. № 2. С. 35–47.
 17. *Закон. Про нове регулювання законодавства про відновлювані джерела енергії в системі енергопостачання*. Бонн, 2004. 30 с.
 18. Щербина О. М. *Енергія для всіх: технічний довідник з енергоощадності та відновних джерел енергії*. Ужгород: Вид-во Валерія Падяка, 2007. 336 с.
 19. Кривцов В. С., Олейников А. М., Яковлев А. И. *Неисчерпаемая энергия. Книга 3. Альтернативная энергетика*. Харьков: Нац. Аэрокосм. ун-т «ХАИ», Севастополь: Севаст. Нац. техн. ун-т, 2006. 643 с.
 20. *Зелено-угольный парадокс. Почему «чистая» энергетика в Украине уперлась в потолок*. URL: <http://www.dsnews.ua/economics/na-poroge-peremen-pochemu-zelenaya-energetika-v-ukraine-26032018220000> (дата звернення: 14.10.2019).
 6. Prakhovnik A. V. *Malaya energetika: raspredelennaya generatsiya v sistemakh energosnabzheniya* [Small energy: distributed generation in energy supply systems]. Kiev, Osvita Ukrainy Publ., 2007. 464 p.
 7. Kudrya S. O. *Netradytsiyni ta vidnovlyuvani dzhherela enerhiyi* [Non-traditional and renewable energy sources]. Kyiv, NTUU "KPI" Publ., 2012. 492 p.
 8. *Generatsiya elektroenergii vozobnovlyaemyimi istochnikami* [Generation of electricity by renewable sources]. Available at: <https://kosatka.media/category/vozobnovlyaemaya-energiya/analytiks/generatsii-elektroenergii-iz-vie-v-aprele-2019> (accessed 14.10.2019).
 9. Bezrukikh P. P. *Ispol'zovanie energii vetra. Tekhnika, ekonomika, ekologiya* [The use of wind energy. Engineering, economics, ecology]. Moscow, Kolos Publ., 2008. 196 p.
 10. Mkhitarian N. M. *Energetika netraditsionnykh i vozobnovlyaemykh istochnikov* [Energy of non-traditional and renewable sources]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1999. 314 p.
 11. Klavdienko V. P., Tarasov A. P. *Netraditsionnaya energetika v stranakh ES: ekonomicheskoe stimulirovanie razvitiya* [Non-traditional energy in EU countries: economic stimulation of development]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya*. 2006, no. 9, pp. 42–46.
 12. Kudrya S. O. *Kompleksni enerhetychni vuzly na osnovi netradytsiynykh dzhherel enerhiyi: naukovo-tekhnichnyy zvit* [Complex energy centers based on non-traditional energy sources: scientific and technical report]. Kyiv, 2000. 178 p.
 13. *Zakon Ukrainy # 2755-VIII. Pro al'ternatyvni dzhherela enerhiyi* [Law of Ukraine no. 2755-VIII. About alternative energy sources]. Kyiv, The Verkhovna Rada of Ukraine Publ., 2003.
 14. *Dinamika razvitiya sektora VIE* [Dynamics of the RES sector development]. Available at: <https://kosatka.media/category/vozobnovlyaemaya-energiya/analytiks/razvitie-sektora-vie-vo-ii-kvartale-2019> (accessed 12.10.2019).
 15. *Vetroenergetika Ukrainy: perspektiva razvitiya na blizhayshe 20 let* [Wind energy of Ukraine: development prospect for the next 20 years]. Kiev, INFORSE Mezhdunarodnaya set' po sbalansirovannoy energii, HO "Enerhiya maybutn'oho stolittya" Publ., 1999. 10 p.
 16. Bezrukikh P. P. *Vozobnovlyaemaya energetika: vchera, segodnya, zavtra* [Renewable Energy: Yesterday, Today, Tomorrow]. *Energeticheskie stantsii*. 2005, no. 2, pp. 35–47.
 17. *Zakon. Pro nove rehulyuvannya zakonodavstva pro vidnovlyuvani dzhherela enerhiyi v systemi enerhopostachannya* [Law. On the new regulation of the legislation on renewable energy sources in the energy supply system]. Bonn, 2004. 30 p.
 18. Shcherbyna O. M. *Enerhiya dlya vsikh: tekhnichnyy dovidnyk z enerhooschadnosti ta vidnovnykh dzhherel enerhiyi* [Energy for all: a technical guide to energy saving and renewable energy]. Uzhhorod, Valeriya Padyaka Publ., 2007. 336 p.
 19. Krivtsov V. S., Oleynikov A. M., Yakovlev A. I. *Neischerpaemaya energiya. Kniga 3. Al'ternativnaya energetika* [Inexhaustible energy. Book 3. Alternative Energy]. Kharkov, Nats. Aerokosm. un-t "KhAI" Publ., Sevastopol, Sevast. Nats. tekhn. un-t Publ., 2006. 643 p.
 20. *Zeleno-ugol'nyy paradoks. Pochemu "chistaya" energetika v Ukraine uperlas' v potolok* [Green-coal paradox. Why "clean" energy in Ukraine rested on the ceiling]. Available at: <http://www.dsnews.ua/economics/na-poroge-peremen-pochemu-zelenaya-energetika-v-ukraine-26032018220000> (accessed 14.10.2019).

References (transliterated)

Надійшло (received) 19.10.2019

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Козлоков Олександр Юрійович (Козлоков Александр Юрьевич, Kozlov Oлександр) – кандидат технічних наук, Харківська ТЕЦ-5, головний інженер; п. Підворки, Харківський район, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0297-2781>; e-mail: alexandr.kozlov@tec5.kharkov.ua

Голощанов Володимир Миколайович (Голощанов Владимир Николаевич, Goloscharov Vladimir) – ППМаш ім. А. М. Підгорного НАН України, старший науковий співробітник; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2075-5326>; e-mail: paramonova@ipmach.kharkov.ua

Котульська Ольга Валеріївна (Котульская Ольга Валерьевна, Kotul'ska Olga) – ППМаш ім. А. М. Підгорного НАН України, провідний інженер; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5902-9313>; e-mail: katul'ska@ipmach.kharkov.ua

Парамонова Тетяна Миколаївна (Парамонова Татьяна Николаевна, Paramonova Tetyana) – ППМаш ім. А. М. Підгорного НАН України, провідний інженер; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0067-801X>; e-mail: paramonova@ipmach.kharkov.ua