https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-157-4-56-61

УДК 621.311.4.031

О. М. Сінчук[2]
С. М. Бойко[2]
О. А. Жуков[1]
А. Б. Сьомочкін[2]
Г. Ю. Риков[3]

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ КОРИГУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧОДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ

[1]Вінницький національний технічний університет;
[2]Криворізький національний університет;
[3]Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Проаналізовано наявний стан енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі та запропоновано послідовність подальшого впровадження джерел розосередженої генерації електроенергії, визначено пріоритетні напрямки зміни енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі та факторів, що на них впливають, що дає можливість в подальшому зменшувати енергоємність виробленої продукції завдяки впровадженню потенціалу власних енергоресурсів підприємств на базі відновлюваних джерел енергії. Детально проаналізовано структуру енергоспоживання гірничодобувної галузі промисловості України, щоб визначити частку електричної енергії, яка споживається в галузі, відносно загального обсягу спожитої енергії. Звертаючи увагу на тенденції щодо декарбонізації світової енергетики, тобто поступову відмову від традиційних джерел енергії (викопних вуглеводнів: нафти, кам'яного вугілля, природного газу, торфу тощо) і активніше використання відновлюваних джерел енергії та впровадження сучасних інтелектуальних технологій у системи електроенергопостачання промислових підприємств, разом з підприємствами гірничодобувної галузі, енергетичний баланс зазначених підприємств має перспективу до змін як у відсотковому співвідношенні спожитих видів паливно-енергетичних ресурсів, так і в кількісному значенні, враховуючи нарощування власної генерації. Рекомендовано вважати одними з перспективних напрямів розвитку енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі використання гідроенергетики, вітрової та сонячної енергетики.

Ключові слова: розосереджене генерування, відновлювані джерела енергії, енергоощадність, енергетичний баланс підприємств, власна генерація електроенергії.

Вступ

Енергетичний баланс підприємств залежить від технологічного процесу та технологій, що використовуються для його реалізації. Таким чином, відсоткове співвідношення різних видів первинної та вторинної енергії, що споживається на підприємстві, може змінюватися в залежності від сезону чи в залежності від модернізації [1], [2].

На сьогоднішній день, підприємства гірничодобувної галузі України розглядаються, як полігон для впровадження розосередженого генерування в системи їх електроенергопостачання. З поміж інших, одним з пріоритетних напрямків модернізації та реконфігурації систем електроенергопостачання розглянутих підприємств є впровадження відновлювальних джерел електроенергії [3]—[5].

Враховуючи пріоритетність завдань з розроблення Плану розвитку розподільних електричних мереж, з поміж інших є забезпечення розвитку альтернативної енергетики та забезпечення надійного та ефективного електропостачання споживачів електроенергії [6]—[9].

Зважаючи на сучасні тенденції щодо декарбонізації світової енергетики та впровадження сучасних інтелектуальних технологій у системи електроенергопостачання промислових підприємств, зокрема підприємств гірничодобувної галузі, енергетичний баланс зазначених підприємств

© О. М. Сінчук, С. М. Бойко, О. А. Жуков, А. Б. Сьомочкін, Г. Ю. Риков, 2021

має перспективу до змін як у відсотковому співвідношенні спожитих видів паливно-енергетичних ресурсів, так і в кількісному значенні, враховуючи нарощування власної генерації [10]—[13].

Метою роботи є аналіз сучасного стану та перспектив коригування енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі шляхом впровадження джерел розосередженого генерування до систем електропостачання підприємств цієї галузі.

Дослідження питань формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженого генерування знайшли відображення в роботах багатьох вчених, зокрема, Д. де Рензо, Я. І. Шефтера, Є. Р. Абрамовского, О. В. Кириленка, С. О. Кудрі, Н. М. Мхітаряна, Г. І. Денисенка, П. Ф. Васька, В. М. Головка, П. П. Пекура, О. С. Яндульського, В. В. Павловського, С. П. Денисюка, С. В. Дубовського, В. А. Попова, П. Д. Лежнюка, О. М. Сінчука, В. В. Кирика, С. П. Денисюка та ін. [3], [11]—[13].

Разом з тим, стратегія розвитку енергетики України, як і стратегія її енергетичної безпеки в комплексі, передбачає насамперед зменшення енергоємності ВВП. Так само «дорожня карта» цього спрямування полягає у зменшенні енергоємності продукції, яка виробляється підприємствами енергоємних галузей промисловості. Саме цими видами підприємств споживається більше 20 % від загального обсягу споживання державою. Одним із локальних і достатньо ефективних спрямувань може стати впровадження потенціалу власних енергоресурсів цих видів підприємств. Вагомою складовою енергоємних підприємств є підприємства металургійної галузі та її сировинної складової гірничорудної [8], [9].

Таким чином, актуальною науково-практичною задачею є визначення пріоритетних напрямів зміни енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі та факторів, що на них впливають.

Результати дослідження

На сьогодні стан розподільних електричних мереж промислових підприємств України можна охарактеризувати такими чинниками:

– понад 11,5 % ліній електропередавання напругою 0,4…10(6) кВ мають технічно непрацездатний стан і потребують значних щорічно зростаючих витрат на технічне обслуговування та ремонт;

– близько 14,9 % трансформаторів напругою 10(6) кВ відпрацювали передбачений технічною документацією термін експлуатації, мають значні втрати, недостатню надійність та потребують заміни;

– фактичні витрати електричної енергії в мережах окремих підприємств сягають 18 %;

– внаслідок змін в структурі споживання електричної енергії та запровадження стратегії декарбонізації необхідно виконувати реконфігурацію електричних мереж.

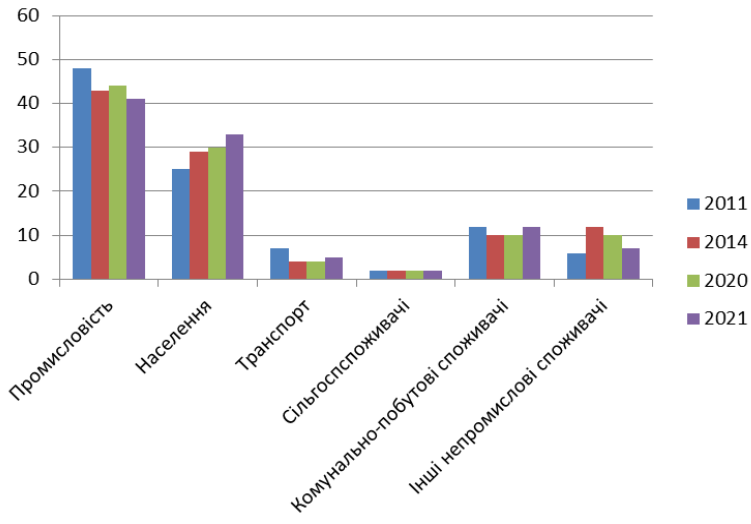

Рис. 1. Структура споживання електричної енергії в 2011—2021рр. у відсотках

Щодо показників споживання електричної енергії структурними групами споживачів за останні п’ять років, то споживання електроенергії у промисловому секторі зменшилося в 2014–2015 роках на 11,7 % в порівнянні з 2011 р., У загальному обсязі споживання електроенергії (рис. 1) частка споживачів, споживання електроенергії якими демонструє приріст, за останні п’ять років збільшилася з 33 % до 41 % [6].

Між тим, структура споживання енергії промисловим сектором України показує, що до пріоритетних джерел енергії відносяться вугілля, торф, електрична енергія та теплова енергія (рис. 2) [6].

Таким чином, аналіз пріоритетних джерел енергії у промисловому секторі України за галузями промисловості показав таку картину як на рис. 3 [6].

Найбільшим споживачем електричної, теплової енергії та вугілля є чорна металургія. Гірничодобувна галузь промисловості України найбільше споживає електричної енергії, що сягає 19 % від загального споживання промисловістю та посідає друге місце за споживанням електричної енергії промисловістю.

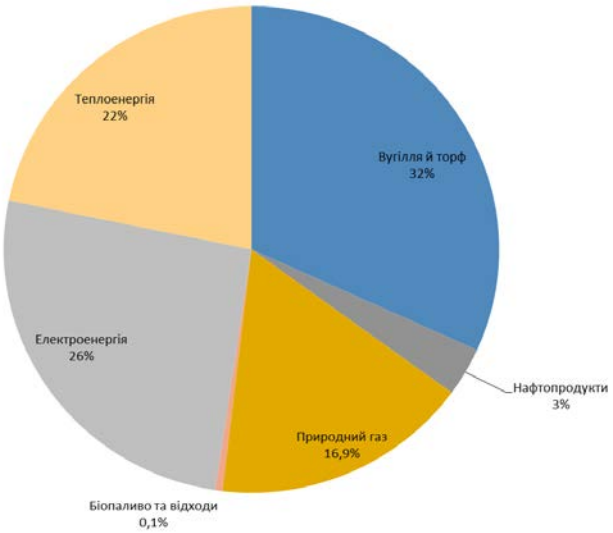

Рис. 2. Структура споживання енергії промисловим сектором 2019 р.

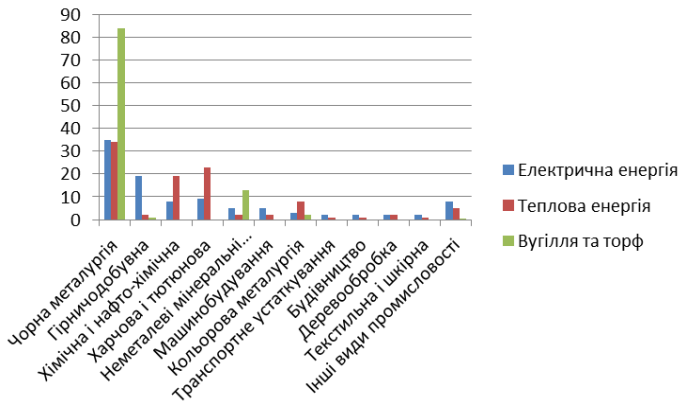

Рис. 3. Структура споживання електроносіїв промисловим сектором 2019 р.

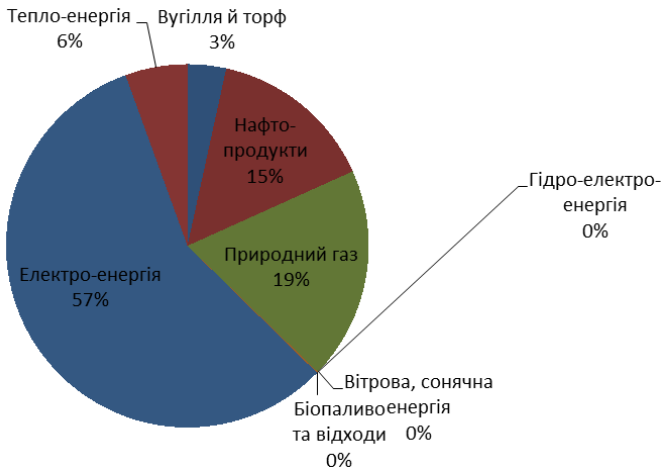

Рис. 4. Структура споживання енергії гірничодобувною галуззю промисловості 2019 р.

Хімічна та нафто-хімічна галузь та харчова і тютюнова галузь посідають друге місце зі споживання енергетичних ресурсів серед галузей промисловості з пріоритетом у споживанні теплової енергії.

Тож, детальний аналіз структури енергоспоживання гірничодобувної галузі промисловості України показав (рис. 4), що електричної енергії споживається в галузі більше 57 % від загального обсягу споживаної енергії [6].

Враховуючи результати проведених досліджень структури енергетичного балансу промисловості та гірничодобувної галузі, в подальших дослідженнях будуть розглядатися перспективи оптимізації енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі на прикладі електричної енергії.

За структурою виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії на 2019 рік в Україні провідна роль відводиться гідроенергетиці, вітровій та сонячній енергетиці [6].

Визначальним критерієм якості виконання енергопостачальною компанією передбачених ліцензійною угодою зобов'язань є безперебійність (неперервність) електропостачання споживачів, що забезпечується необхідним рівнем надійності та стійкості електричної мережі.

Неперервність надання послуг з передачі електричної енергії характеризується кількістю і тривалістю перерв в електропостачанні.

Між тим, стратегія розвитку енергетики України, як і стратегія її енергетичної безпеки в комплексі, передбачає насамперед зменшення енергоємності ВВП. В свою чергу «дорожня карта» цього спрямування полягає у зменшенні енергоємності продукції, котра виробляється підприємствами енергоємних галузей промисловості. Саме цими видами підприємств споживається більше 20 % від загального обсягу споживання державою. Одним з локальних і достатньо ефективних спрямувань може стати впровадження потенціалу власних енергоресурсів таких видів підприємств. Вагомою часткою енергоємних підприємств є підприємства металургійної галузі та її сировинної складової — гірничорудної промисловості.

Гірничорудна промисловість є базовою на сьогоднішній день у формуванні рівня надходжень валютних запасів держави, яка володіє значним, притаманним саме їй, енергетичним потенціалом. Сучасні гірничорудні підприємства у сфері енергоспоживання характеризуються тим, що майже

90 % — це електроенергетика. Однак, за свідченнями досліджень, логічний вихід з такої ситуації шляхом зменшення обсягів споживання електричної енергії не є достатньо ефективним, оскільки технологія видобутку корисних копалин взагалі, разом із залізорудною сировиною, передбачає постійне збільшення глибини видобутку, що логічно веде до збільшення рівнів споживання електроенергії. Тривіальні технічно-технологічні заходи щодо локалізації цього процесу мають вкрай обмежену ефективність.

Між тим, зважаючи на проведені дослідження [7]—[13] та враховуючи результати попереднього аналізу енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі, запропоновано впровадження до системи енергопостачання аналізованих підприємств джерел розосередженого генерування на базі відновлюваних джерел енергії.

Автори пропонують послідовність впровадження джерел розосередженого генерування до систем електропостачання підприємств гірничодобувної галузі, показану на рис. 5.

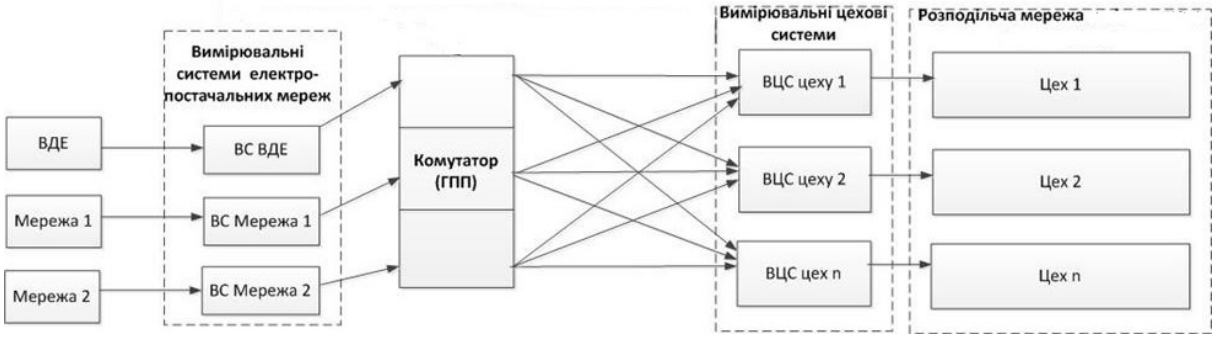

Рис. 5. Схема приєднання джерел розосередженого генерування до систем електропостачання підприємств гірничодобувної галузі

З впровадженням запропонованої схеми приєднання відновлюваних джерел електричної енергії до систем електропостачання підприємств гірничодобувної галузі, надійність електропостачання віддалених енергооб'єктів підвищується. Під'єднання джерел власної генерації на вказаних підприємствах передбачає одночасне електропостачання з мережі та від джерела власної генерації, оскільки джерела власної генерації є нестабільними та не гарантують постачання заданої потужності.

Таким чином, коригування енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі шляхом впровадження джерел розосередженого генерування до систем електропостачання підприємств цієї галузі можливе, але має особливості пов'язані зі схемами приєднання джерел власної генерації до системи електропостачання вказаних підприємств.

Висновки

1. Проаналізовано сучасний стан енергетичного балансу підприємств, зокрема підприємств гірничодобувної галузі України.

2. Запропоновано вважати перспективними напрямами коригування енергетичного балансу підприємств гірничодобувної галузі використання гідроенергетики, вітрової та сонячної енергетики.

3. Розроблено та запропоновано послідовність впровадження джерел розосередженого генерування до систем електропостачання підприємств гірничодобувної галузі.

Перевага запропонованого рішення над відомими схемами ґрунтується на підході до зменшення втрат електричної енергії на віддалених енергооб'єктах та забезпечення надійності їх електропостачання. Це досягається під'єднанням безпосередньо поряд з цими об'єктами джерел електроенергії власного генерування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] S. Teske, *The IEA World Energy Outlook: A critical review 2000-2020*, 2020. [Electronic resource]. Available: https://www.uts.edu.au/sites/default/files/article/downloads/teske-2020-IEA-world-energy-outlook-a-critical-review-final.pdf .

[2] Кабінет міністрів України, (18 серпня 2017 р.) *Розпорядження № 605-р Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»*. [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085 .

[3] O. M. Sinchuk, S. M. Boiko, F. I. Karamanyts, I. A. Kozakevych, M. L. Baranovska, and A. M. Yalova, *Aspects of the problem of applying distributed energy in iron ore enterprises electricity supple systems*. Warsaw, Poland: IsIENCT, 2018.

[4] В. Д. Білолід, і К. В. Таранець, «Мала енергетика та її значення в регіональних системах майбутнього,» *Проблеми загальної енергетики*, № 18, с. 40-47, 2008.

[5] Кабінет міністрів України, (08.11.2017) *Розпорядження 796-р «Про Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок»*. [Електронний ресурс]: Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-2017-%D1%80#Text .

[6] Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua. Дата звернення: 19.08.2021.

[7] ЗВІТ «Економічно-обґрунтований підхід до запровадження Національного плану скорочення викидів в Україні на підставі досвіду скорочення викидів у повітря шкідливих забруднюючих речовин великими спалювальними установками в Європі,» *Громадська спілка «Всеукраїнська Енергетична Асамблея»,* 2020, 203 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://vse.energy/publication/1142-emissionsreduction-plan . Дата звернення: 19.08, 2021.

[8] Кабінету Міністрів України, «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність,» *Урядовий кур'єр*, 08.09, № 167, 2017.

[9] *Secretariat's Policy Guidelines* [Online]. Available: https://www.energy-community.org/legal/policy-guidelines.html .

[10] О. Ф. Буткевич, «Запаси статичної стійкості та пропускна спроможність контрольованих перетинів енергосистем – деякі ретроспекції та сьогодення,» *Праці Ін-ту електродинаміки НАН України*, зб. наук. пр. К.: ІЕД НАНУ, № 18, с. 3-12, 2007.

[11] С. П. Денисюк, Д. Г. Дерев'янко, і П. С. Колесник, «Оптимізація режимів електропостачання в локальних системах з розосередженою генерацією,» *Збірник праць Ін-ту електродинаміки НАН України*, спец. вип., с. 30-37, 2011.

[12] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, і Д. С. Собчук, «Оцінювання впливу джерел відновлюваної енергії на забезпечення балансової надійності в електричній мережі,» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 6, с. 45-47, 2013.

[13] М. Н. Кулик, В. П. Горбулін, і О. В. Кириленко, «Концептуальні підходи до розвитку енергетики України,» аналітичні матеріали, *Instytut zahal'noï enerhetyky NAN Ukraïny*, 2017.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 10.08.2021

Сінчук Олег Миколайович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті;

Бойко Сергій Миколайович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті;

Сьомочкін Альберт Борисович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті.

Криворізький національний університет, Кривий ріг;

Жуков Олексій Анатолійович — канд. техн. наук, доцент кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті, e-mail: alex4444_2004@ukr.net .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Риков Геннадій Юрійович — старший викладач кафедри електричних машин та апаратів.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Кременчук

O. M. Sinchuk[2]
S. M. Boiko[2]
O. A. Zhukov[1]
A. B. Siomochkin[2]
H. Yu. Rykov[3]

Analysis of the Current State and Prospects for Adjusting the Energy Balance of Mining Enterprises

[1]Vinnytsia National Technical University;
[2]Kryvyi Rih National University;
[3]Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

There has been carried out the analysis of the current state of the energy balance of mining enterprises and the sequence of further introduction of sources of distributed generation of electricity and the priority directions of correction of energy balance of mining enterprises energy sources have been offered. The structure of energy consumption of the mining industry of Ukraine is analyzed in detail to determine the share of electricity consumed in the industry relative to the total amount of energy consumed. Paying attention to the existing trends of decarbonization of world energy, ie the gradual abandonment of traditional energy sources (fossil hydrocarbons: oil, coal, natural gas, peat and others) and the increasingly

active transition to renewable sources, and the introduction of modern intelligent technologies in electricity systems industrial enterprises, including enterprises of the mining industry, the energy balance of these enterprises has the potential to change both in the percentage of consumed types of fuel and energy resources, and in quantitative terms, given the increase in its own generation. It is recommended to take hydropower, wind and solar energy as one of the promising areas for the correction of the energy balance of mining enterprises.

Keywords: scattered generation, renewable energy sources, energy saving, energy balance of enterprises, own generation of electricity.

Sinchuk Oleh M. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Automated Electromechanical Systems in Industry and Transport;

Boiko Serhii M. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Automated Electromechanical Systems in Industry and Transport;

Zhukov Oleksii A. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Chair of Automation of Electromechanical Systems Automation in Industry and Transport, e-mail: alex4444_2004@ukr.net ;

Siomochkin Albert B. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Automated Electromechanical Systems in Industry and Transport;

Rykov Hennadii Yu. — Senior Lecturer of the Chair of Electric Machines and Apparatus

О. Н. Синчук[2]
С. Н. Бойко[2]
О. А. Жуков[1]
А. Б. Семочкин[2]
Г. Ю. Рыков[3]

Анализ текущего состояния и перспектив коррекции энергетического баланса горнодобывающих предприятий

[1]Винницкий национальный технический университет;
[2]Криворожский национальный университет;
[3] Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

Проанализировано существующее состояние энергетического баланса горнодобывающих предприятий и предложена последовательность дальнейшего внедрения источников распределенной генерации электроэнергии, определены приоритетные направления коррекции энергетического баланса горнодобывающих предприятий и факторов, на них влияющих, что дает возможность в дальнейшем уменьшать энергоемкость продукции благодаря внедрению потенциала собственных энергоресурсов предприятий на базе возобновляемых источников энергии. Подробно проанализирована структура энергопотребления горнодобывающей отрасли промышленности Украины, для определения доли электроэнергии, потребляемой в отрасли, относительно общего объема потребленной энергии. Учитывая существующие тенденции декарбонизации мировой энергетики, то есть постепенный отказ от традиционных источников энергии (ископаемых углеводородов: нефть, каменный уголь, природный газ, торф и другие) и все более активный переход на возобновляемые источники, и внедрение современных интеллектуальных технологий в системы электроэнергоснабжения промышленных предприятий, в том числе предприятий горнодобывающей отрасли, энергетический баланс указанных предприятий имеет перспективу к изменениям как в процентном соотношении потребленных видов топливно-энергетических ресурсов, так и в количественном значении, учитывая наращивание собственной генерации. Рекомендовано считать одним из перспективных направлений коррекции энергетического баланса горнодобывающих предприятий использование гидроэнергетики, ветровой и солнечной энергетики.

Ключевые слова: распределенная генерация, возобновляемые источники энергии, энергосбережение, энергетический баланс предприятий, собственная генерация электроэнергии.

Синчук Олег Николаевич — д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте;

Бойко Сергей Николаевич — канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте;

Жуков Алексей Анатольевич — канд. техн. наук, доцент кафедры электромеханических систем автоматизации в промышленности и на транспорте, e-mail: alex4444_2004@ukr.net ;

Семочкин Альберт Борисович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизированных электромеханических систем в промышленности и транспорте;

Рыков Геннадий Юрьевич — старший преподаватель кафедры электрических машин и аппаратов