

Ю. Г. ЕЛЬКІН, О. П. ВОІНОВ

ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАРКУ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Серед галузей виробництва екологічно найбільш агресивною є енергетика, а серед її об'єктів – котельні установки. Склалася необхідність спільного вирішення проблеми зниження шкідливого впливу котельних установок на природне середовище та проблеми корисного впливу їх на світову енергетику. До котельних установок, що відпрацювали частину ресурсу працездатності та викидають у зовнішнє середовище значну кількість забруднюючих шкідливих речовин, доцільно застосовувати часткове оновлення, при якому екологічно покращується топковий процес. Застарілі установки в перспективі доцільно замінити еквівалентними за потужністю альтернативними джерелами енергії.

Ключові слова: енергетика, котельна установка, технологічна ефективність, екологічність, природне середовище, часткове оновлення, альтернативне джерело енергії.

YU. ELKIN, O. VOINOV

INCREASING THE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF THE FLEET OF BOILER PLANTS IN MODERN CONDITIONS

Mankind has created a multi-industry production. Its facilities have a harmful effect on the environment. And it resulted in a global environmental problem that has currently arisen. Among the branches of world production, energy is the most environmentally aggressive, and among its facilities the most aggressive are boiler plants. The purpose of this research is to study the effect of energy facilities on the state of natural environment and analyze the methods to reduce its intensity. Boiler plants are the most important element in modern power engineering. Hence, there is a need for a joint solution of the problem of reducing the harmful effect of boiler plants on the environment and the problem of their useful effect on global energy. The purpose of this research is to analyze methods to solve the problem of environmental interaction of boiler plants with the natural environment in modern conditions resorting to their partial renewal and using alternative energy sources in the future. It is necessary to broaden the requirements to the development of the world fleet of boiler plants that should be based on the use of innovative design, technological and operational solutions to provide reliable environmental efficiency of the equipment. Since domestic boiler plants have worked out a significant part of their service life and create greenhouse gas emissions and pollutant emissions into the atmosphere polluting thus water runoff and producing solid waste, it is advisable to continue to operate them in the mode of partial renewal. The partial renewal results in the reduction of the harmful effect of boiler plants on the environment due to the ecological improvement of the combustion process. Low-power worn-out boiler plants should be stopped and electricity should be supplied to consumers instead of steam. The problem of replacing obsolete boiler plants should be solved by using new energy sources of equivalent power, by creating and commissioning new highly efficient power plants that convert the energy of water, wind, geothermal sources, and solar energy. Understanding the important role of the global fleet of boiler plants in the global environmental situation on the part of international authorities has a positive effect on the state and development of energy and industry. The current involvement of our country in the war has complicated the processes that take place in the energy sector. The quality and reliability of the power plants have acquired particular importance. When using the domestic fleet of boiler plants, it is necessary to do our best to increase its environmental efficiency.

Key words: energy, boiler plant, technological efficiency, environmental friendliness, natural environment, partial renewal, and alternative energy sources.

Вступ

У довгій і складній історії свого розвитку людство зустрічалося з численними завданнями різного ступеня важливості та складності та успішно вирішувало їх. Переконливим свідченням цього є створене та успішно функціонує нині у всіх країнах світу широко розвинене багатогалузеве світове виробництво.

Об'єкти виробництва, взаємодіючи з навколишнім природним середовищем (ПС), надають на нього шкідливий вплив, погіршуючи його стан, причому з плином часу наслідки цього шкідливого впливу накопичуються та ведуть до деградації ПС.

На нинішньому історичному етапі розвитку перед людством стала з небувалою гостротою світова екологічна проблема, – виявилось, що створене людством світове виробництво своїм шкідливим впливом на ПС критично погіршило його стан, зробило цей стан небезпечним.

Ця екологічна проблема сформувала світову проблему порятунку ПС від зростаючого шкідливого

впливу на нього розвинутого світового виробництва. Екологічно доцільне вирішення проблеми стало головним, відповідальним обов'язком людства [1] – [6].

Активна природоохоронна позиція людства відображена, зокрема, у Рамковій конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (РКООНЗК), підписаній більш ніж 180 країнами світу, прийнятій в Ріо-де-Жанейро в 1992 році, яка набула чинності в 1994 році. Кіотському протоколі 1998 року до РКООНЗК, Паризькій угоді 2015 року про зміну клімату – підсумковому документі 21-ї Конференції сторін РКООНЗК.

Шкідливий вплив на ПС надає все світове виробництво. Серед його галузей особливе, важливе місце займає енергетика – галузь, що забезпечує всі інші галузі необхідними їм електрикою та теплотою.

Серед численних елементів обладнання енергетики особливе важливе місце займають котельні установки (КУ).

Світовий парк КУ забезпечує енергією світове виробництво і водночас надає інтенсивний шкідливий вплив на ПС [7].

© Ю. Г. Елькін, О. П. Воїнов, 2024

Мета роботи

Метою дослідження є вивчення впливу об'єктів енергетики, особливо котельних установок, на стан навколишнього природного середовища та аналіз шляхів зниження його інтенсивності.

Постановка проблеми

У комплексі обладнання сучасної енергетичної галузі КУ є найважливішим елементом, що перетворює енергію первинного її джерела – палива на енергію водяної пари. Далі пар направляють або споживачам теплоти, або до парової турбіни, яка обертає ротор електричного генератора, що перетворює механічну енергію в електрику, яку відправляють споживачам.

З'явилися КУ на початку 19 століття та розвивалися інтенсивно у двох напрямках: КУ водогрійні та КУ енергетичні. Створювані КУ одного та другого типів є високоефективними енергетичними об'єктами, які гідно представляють сучасні світові досягнення науки та техніки.

Сучасний потужний енергоблок із КУ на твердому паливі вважають найбільш складним технічним об'єктом.

Сучасне котлобудування – важлива, складна та відповідальна частина сучасного машинобудування. Оскільки під час воєнного стану не складається Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища, за даними останньої такої доповіді за 2021 рік, загальна кількість котелень по Україні становить 26644 (потужністю – 69814,7 Гкал/год). З них:

- на традиційних видах палива – 18653 (потужністю – 60276,4 Гкал/год);
- на природному газі 13870 (потужністю 54470,5 Гкал/год);
- на вугіллі 3264 (потужністю 4427,7 Гкал/год) [8].

При створенні сучасної КУ прагнуть забезпечити якомога вищий рівень її технологічної ефективності функціонування, тобто високий рівень її складових: екологічної, економічної та загальнотехнічної [9]. При цьому особливу увагу приділяють рівню екологічної ефективності через ускладнену екологічну обстановку.

На ТЕС та ТЕЦ, які працюють на твердому (вугіллі), рідкому (мазут) або газоподібному (природний газ) паливі екологічні ризики пов'язані з емісією парникових газів та викидами забруднюючих речовин у атмосферне повітря котлоагрегатів; утворенням забруднених стоків води від електростанцій; відходами, перш за все золошлаковими [10].

Під час згорання палива при роботі котлоагрегатів утворюються продукти згорання, включаючи гази, пари та тверді частки, які можуть бути випущені у атмосферу. У табл. 1 наведені значення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел викидів в атмосферне повітря у 2020 році, зокрема викидів енергетики [11]. У табл. 2 наведені значення окремих викидів в атмосферне повітря в ході спалювання різних видів палива (емісія) котлоагрегатами підприємств харчової промисловості [12].

У цих умовах завдання зниження рівня екологічної агресивності світового парку КУ зросло до рівня науково-технічної проблеми світового значення [13].

Таким чином, проблема розвитку енергетики, тобто розвитку світового парку КУ, породила проблему протидії збільшенню шкідливого впливу на ПС з боку зростаючого світового парку КУ.

Подібне протистояння двох складних та важливих проблем, що підлягають паралельному спільному вирішенню та складають проблемний комплекс, потребує застосування системного підходу та участі усієї світової спільноти з використанням поєднання всіх доступних засобів [14].

Таблиця 1 – Викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел в атмосферне повітря у 2020 р.

Кількість викинутих у атмосферне повітря забруднюючих речовин, т	Сірки діоксид	Діоксид азоту	Оксид вуглецю	Неметанові леткі органічні сполуки	Поліароматичні вуглеводні	Тверді частинки Т _{с2,5}	Тверді частинки Т _{с10}	Аміак
Усього	1557,2	5160,3	5294,2	1034,9	0,0	483,6	1236,1	636,4
Енергетика	224,6	522,8	708,2	176,0	–	144,3	125,4	2,3

Таблиця 2 – Викиди забрудників у атмосферу під час спалювання різних видів палива

Забруднююча речовина		Показник емісії k	
Назва	Код	Умовне позначення	Числове значення, г/ГДж
Природний газ (нижча робоча теплота згоряння $Q' = 45,75$ МДж/кг)			
Азоту оксиди	243.1.001	k_{NOx}	64,311
Вуглецю окис	243.1.009	k_{CO}	248,75
Двоокис вуглецю	243.4.001	k_{CO2}	58748,13
Оксид діазоту	243.2.002	k_{N2O}	0,1
Метан	243.2.004	k_{CH4}	1,0
Мазут (нижча робоча теплота згоряння $Q' = 38,78$ МДж/кг)			
Азоту оксиди	243.1.001	k_{NOx}	64,311
Вуглецю окис	243.1.009	k_{CO}	318,4
Двоокис вуглецю	243.4.001	k_{CO2}	76662,63
Оксид діазоту	243.2.002	k_{N2O}	0,6
Метан	243.2.004	k_{CH4}	3,0
Неметанові легкі органічні речовини (НМЛОР)	243.2.004	$k_{НМЛОР}$	10,0
Суспендовані тверді частинки (сажа)	243.1.012	$k_{сажі}$	405,81
Ангідрид сірчаний	243.1.003	k_{SO2}	500,26
Кам'яне або буре вугілля (нижча робоча теплота згоряння $Q' = 20,47$ МДж/кг)			
Азоту оксиди	243.1.001	k_{NOx}	10,90
Вуглецю окис	243.1.009	k_{CO}	1871,5
Двоокис вуглецю	243.4.001	k_{CO2}	93740,0
Оксид діазоту	243.2.002	k_{N2O}	1,4
Метан	243.2.004	k_{CH4}	1,0
Неметанові легкі органічні речовини (НМЛОР)	243.2.004	$k_{НМЛОР}$	600,0
Суспендовані тверді частинки (сажа)	243.1.012	$k_{сажі}$	2305,9
Ангідрид сірчаний	243.1.003	k_{SO2}	2506,0

Аналіз останніх досліджень

Аналіз обстановки, що склалася у світі, дозволяє вважати, що світовий парк КУ буде залишатися основним джерелом енергії для світового виробництва ще протягом кількох найближчих десятиліть.

Вивчення шляхів зниження шкідливого впливу КУ на ПС, що застосовуються в світовій енергетиці, показує, що перспективним вважають впровадження і розвиток прогресивних технологій організації котельно-топкового процесу. Сучасні системи керування цим процесом дозволяють його оптимізувати, роблячи котельно-топковий процес більш економічним та екологічним. Однак у вітчизняній практиці ці підходи не можуть бути використані у нинішніх умовах через відсутність ресурсів та через дисбаланс, завданий війною всім сферам життя [15]. Зокрема на сьогодні в Україні виведено з ладу 90 % потужності ТЕС і 40 % – ГЕС.

Розгляд взаємодії КУ як елемента сучасної енергетики з ПС дає підставу вважати, що доступним інструментом зниження ступеня шкідливого впливу КУ на ПС у сьогоднішніх умовах є використання оновлення КУ [16].

Формулювання цілі статті

Метою статті є аналіз шляхів вирішення проблеми екологічної взаємодії КУ з ПС у сучасних умовах шляхом застосування їх оновлення, шляхом заміни енергії, вироблюваної КУ малої потужності електрикою та шляхом заміни застарілих КУ еквівалентними альтернативними джерелами енергії.

Основний матеріал

Серед елементів, які впливають на вирішення завдань зазначеного вище проблемного комплексу, виділяється важлива роль парку КУ. Він вимагає особливої уваги та прийняття в нинішніх умовах активних заходів, що відповідають завданням проблемного комплексу.

Необхідно розширити та посилити вимоги до розвитку та використання парку КУ.

Слід спиратися на його поповнення лише сучасними зразками КУ високої технологічної ефективності, що містять цінні інноваційні рішення.

Особливістю енергетики за нинішніх умов є те, що в сучасному, діючому вітчизняному парку КУ

ступінь зносу обладнання є дуже високим, в результаті чого в зовнішнє середовище викидається значна кількість забруднюючих речовин, а можливість його надлишкового та повного оновлення практично відсутня в умовах війни.

При повному оновленні зношену (стару) КУ, яка витратила свій двадцятирічний ресурс, передбачений для КУ, демонтують, а замість неї споруджують нову, ідентичну їй КУ з двадцятирічним ресурсом працездатності.

При надлишковому оновленні замість старої КУ споруджують нову КУ, яка відповідає не тільки колишнім (заданим) технічним умовам, а й сучасним вимогам власника котельні.

І хоча вітчизняна енергетика з честю виконує комплекс покладених на неї складних та відповідальних обов'язків, діючі КУ, які відпрацювали значну частину ресурсу працездатності, можна продовжувати експлуатувати лише в режимі часткового оновлення [17].

Провідним завданням часткового оновлення всіх об'єктів енергетики, зокрема КУ, є всеосяжне енергозбереження, що має екологічну сутність. При проведенні часткового оновлення знижується шкідливий вплив КУ на зовнішнє природне середовище, через екологічне покращення топкового процесу, а саме покращення сумішеутворення, горіння, теплообміну. Також часткове оновлення сприяє підвищенню ККД котлоагрегату, збільшенню строку експлуатації.

Часткове оновлення має містити комплекс робіт, що складається, у загальному випадку, з наступних частин:

- удосконалення елементів технології виробничого процесу, що протікає в технічному об'єкті;
- удосконалення елементів його конструкції;
- удосконалення режиму його функціонування.

Частковому оновленню підлягає також система технічного обслуговування технічного об'єкта.

Технологічний ефект часткового оновлення полягає у підвищенні рівня технологічної ефективності технічного об'єкта за кожною з трьох її складових – екологічною, економічною та загальнотехнічною. У групі діючих однотипних технічних об'єктів починати часткове оновлення доцільно з найбільш зношеного.

У разі використання зношеного обладнання часткове оновлення є неминучим, вимушеним, але завжди економічно доцільним та виправданим етапом та об'єктом ресурсовкладення.

До програми часткового оновлення входять:

- обстеження зношеного технічного об'єкта, оцінка його стану, рівня його технологічної ефективності,
- прогнозна оцінка умов майбутнього періоду експлуатації оновленого технічного об'єкта;
- вибір головного показника рівня техно-

логічної ефективності технічного об'єкта, за яким належить оцінювати його поточний стан і залишковий ресурс;

– аналіз та вибір шляху майбутнього оновлення технічного об'єкта: стратегічного (оновлення елементів технологічного процесу), тактичного (оновлення елементів конструкції), оперативного (оновлення елементів режиму функціонування технічного об'єкта);

– складання програми часткового оновлення технічного об'єкта, її оформлення та затвердження;

– організація та здійснення комплексу заходів за програмою часткового оновлення;

– пуск, налагодження, випробування оновленого технічного об'єкта, обробка отриманих даних, їх аналіз, визначення результатів часткового оновлення;

– здача замовнику оновленого технічного об'єкта в дії.

Часткове оновлення зношеного технічного об'єкта, за характером та особливостями комплексу робіт, може мати характер його модернізації, реконструкції чи технічного переозброєння [18].

Показник оцінки ступеня часткового оновлення елементів технічного об'єкта на основі застосування арсеналу сучасних засобів технічної діагностики повинен відображати якісно та кількісно результат виконаного оновлення зношеного технічного об'єкта. Формально обсяг часткового оновлення можна виразити кількісно відношенням обсягу капіталовкладень у реалізацію його програми до обсягу капіталовкладень у новий технічний об'єкт у момент запуску його в дію.

Часткове оновлення є засобом забезпечення доступного підвищеного рівня технологічної ефективності функціонування енергетичного обладнання, зокрема КУ, що експлуатується кілька років.

Важливого значення набуло завдання підвищення рівня технологічної ефективності функціонування КУ, насамперед опалювальних котельні і котельні низки інших невеликих виробничих об'єктів, оснащених КУ малої потужності, які, як відомо, мають знижену екологічну ефективність.

Цей недолік КУ є тим значнішим, чим менша її теплова потужність, чим більша тривалість її використання і чим вищий ступінь її зношеності.

Такі котельні доцільно закрити і замість виробленої ними енергії в парі подати споживачам еквівалентну кількість електрики. Цим буде забезпечено отримання великого позитивного екологічного ефекту.

Завдання заміни потужності застарілих КУ, що виводяться з використання, доцільно вирішувати на основі застосування еквівалентних за потужністю нових енергоустановок, які використовують альтернативні джерела енергії – енергію води, вітру, сонця, геотермальну тощо. Ці технології отримання енергії з ПС практично освоєні. Їх успішно, але поки що відносно нешироко, застосовують у різних природ-

них умовах. Сприятливі технологічні властивості цих джерел енергії відкривають їм широку перспективу застосування та розвитку у світовому виробництві майбутнього, зокрема у відновленій після війни мирній вітчизняній економіці. Розширення використання джерел енергії зазначених типів відкриває широку можливість зменшення в майбутньому інтенсивності наростання екологічної агресивності світового виробництва, керування екологічною обстановкою на Землі, що є надзвичайно важливим [19].

Обговорення результатів

Аналіз екологічної обстановки у світі свідчить про важливу роль, яку відіграє у ній світовий парк КУ.

КУ забезпечують можливість розвитку інших екологічно менш агресивних джерел енергії, при цьому поступово поступаються їм навантаженням, яке вони несуть нині.

Розуміння світовою громадськістю та керівними органами міжнародних організацій та держав ролі світового парку котлів в екологічній обстановці у світі істотно впливає на стан та розвиток енергетичної галузі та виробництва загалом, впливає на умови життя людства.

Нинішня участь нашої країни у війні вкрай ускладнила процеси, які відбуваються в державі, зокрема які відбуваються в енергетиці та в машинобудуванні [20].

В умовах, коли завдання, що стоять перед енергетикою, багаторазово зросли за обсягом, а умови їх виконання непомірно ускладнилися, якість та надійність роботи енергоустановок, зокрема КУ, набули особливо важливого значення [22].

У реально існуючих нині гранично складних умовах необхідно застосовувати всі можливості для високопродуктивного використання діючого вітчизняного парку КУ. І при цьому слід робити все можливе для доступного зменшення його шкідливого впливу на навколишнє ПС, тобто підвищення рівня його екологічної ефективності [22]. Для цього будуть потрібні великі вкладення творчої енергії фахівцями-енергетиками та фахівцями-котлобудівниками, а також великі капіталовкладення. Зрозуміло, що географію, характер та режим процесу підвищення екологічної ефективності функціонування парку КУ визначатиме обстановка як у нашій країні так і в світі.

Висновки

1 У світовому виробництві, серед його галузей найбільш інтенсивний шкідливий вплив на ПС надає енергетика.

2 Серед елементів енергетики КУ займають особливе становище, оскільки нині є основним джерелом енергії, що використовується світовим вироб-

ництвом.

3 Використовувані нині у світовій енергетиці КУ чинять на ПС інтенсивний шкідливий вплив, сила якого у часі безперервно зростає.

4 На ТЕС та ТЕЦ екологічні ризики пов'язанні з емісією парникових газів та викидами забруднюючих речовин у атмосферне повітря; утворенням забруднених стоків води; твердими відходами.

5 До котельних установок, що відпрацювали частину ресурсу працездатності та викидають у зовнішнє середовище значна кількість забруднюючих речовин, можна застосовувати часткове оновлення.

6 При проведенні часткового оновлення знижується шкідливий вплив КУ на зовнішнє природне середовище, через екологічне покращення топкового процесу, а саме покращення сумішеутворення, горіння, теплообміну.

7 Нові зразки потужних котельних установок слід створювати шляхом надлишкового оновлення існуючих котелень з використанням інноваційних рішень.

8 І зменшенням номінальної теплової потужності КУ сила її шкідливої дії на ПС (екологічна агресивність) зростає.

9 У сучасних котельних парках країн світу частка КУ невисокої потужності є значною.

10 У парку КУ відмова від застосування малих КУ знижує рівень його шкідливої дії на ПС.

11 Одним із актуальних завдань, що стоять перед світовою енергетикою, слід вважати завдання впровадження та розширеного використання екологічно мало агресивних альтернативних джерел енергії.

12 В Україні належить здійснити великий та складний комплекс заходів у рамках проблеми нормалізації складу та підвищення технологічної ефективності функціонування вітчизняного парку КУ.

Список літератури

1. Руденко Л. Аналіз стратегій регіонального і місцевого розвитку України на шляху досягнення «Цілей 2030» / Л. Руденко, С. Лісовський, Є. Маруняк // Екологічний вісник. – 2022. – № 3(133). – С. 10–13. – URL: https://www.ecoleague.net/images/2023/06_%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C/Ecology_digest_03_2022.pdf (дата звернення 22.05.2024).
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 р. № 373-р «Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2050 року». – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-p#n6> (дата звернення 22.05.2024).
3. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» № 2697-VIII від 28 лютого 2019 р. // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2019. – № 16. – С. 70. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення 22.05.2024).
4. Енергетична стратегія України до 2050 року / Офіційний сайт Міністерства енергетики України. – 08.02.2022. – URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya> (дата звернення 22.05.2024).

5. Теплова енергетика – нові виклики часу : [техн. зб.] / за заг. ред. П. Омелянського, Й. Мисака ; [упоряд. А. Акімов]. – Львів : Українські технології, 2009. – 658 с. : рис., табл. – Бібліогр. в кінці ст. – ISBN 978-966-345-194-7.
6. Батальцев Є. В. Моделювання техногенного впливу на навколишнє природне середовище об'єктами теплоенергетики : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01 – екологічна безпека / Батальцев Євген Володимирович. – Суми, 2021. – 168 с. – URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/83581/> (дата звернення 22.05.2024).
7. Voinov O. P. Boiler Plants and the Environment Protection from Industry Harmful Effects / O. P. Voinov, Yu. G. Elkin // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. – 2021. – No. 85. – PP. 128-136. – DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2021-85-128-136>.
8. 12.4. Використання відновлювальних джерел енергії та розвиток альтернативної енергетики / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України // Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. – С. 325. – URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (дата звернення 22.05.2024).
9. Воїнов О. П. Про місце котельних установок у забезпеченні сталого розвитку / О. П. Воїнов, Ю. Г. Елькін // Тези доповідей 79-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу Одеської державної академії будівництва та архітектури (18–19 травня 2023 р.). – Одеса : ОДАБА, 2023. – С. 170. – ISBN 978-617-7900-34-3. – URL: https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnik_Prof_viklad_2023_4.pdf (дата звернення 22.05.2024).
10. Сірик А. О. Вплив викидів котлоагрегатів харчових підприємств на якість атмосферного повітря / А. О. Сірик, О. В. Євтушенко // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2023. – Том 34(73), № 4. – С. 135–143. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.4/22>.
11. Викиди забруднюючих речовин від стаціонарних джерел викидів в атмосферне повітря у 2020 році / Державна служба статистики України. – URL: <https://statbrd.ic.km.ua/ukr/statinf/ns/vzrk20.htm> (дата звернення 22.05.2024).
12. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том I. Український науковий центр технічної екології / Український науковий центр технічної екології. – Донецьк, 2004. – 183 с. – URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=53404/ (дата звернення 22.05.2024).
13. Воїнов О. П. Про зниження шкідливого впливу котельних установок на природне середовище / О. П. Воїнов, Ю. Г. Елькін // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2023. – № 1–2(13–14). – С. 66–71. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2078-774X (print). – ISSN 2707-7543 (on-line). – DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2023.01.11>.
14. Елькін Ю. Г. Екологічний аспект удосконалення теплоенергетичного устаткування / Ю. Г. Елькін, О. П. Воїнов // Тези доповідей XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування», 27–28 квітня 2021 р. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – С. 80–81. – ISBN 978-617-7476-56-5.
15. Елькін Ю. Г. Про особливості стану енергетики України під час війни / Ю. Г. Елькін, О. П. Воїнов // Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення: матер. Міжнар. наук. інтернет-конф., Тернопіль, Україна – Опале, Польща, 19–20 верес. 2023 р. [редкол. : О. Патряк та ін.]. ГО «Наукова спільнота». WSZIA w Opolu. – Тернопіль : ФОП Шпак В. Б., 2023. – Вип. 80. – Секція 3: Технічні науки. – 235 с. – ISSN 2522-932X. – С. 202–204. – URL: <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-1253/> (дата звернення 22.05.2024).
16. Воїнов, О. П. Часткове оновлення – інструмент підвищення екологічної ефективності зношених енергетичних об'єктів / О. П. Воїнов, Ю. Г. Елькін // Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – 2021. – № 4(8). – С. 47–51. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2078-774X (print). – ISSN 2707-7543 (on-line). – <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.04.07>.
17. Воїнов А. П. Частичное обновление котельных установок в проблеме энергосбережения / А. П. Воїнов, Ю. Г. Елькін, Д. А. Голубова // Актуальні проблеми енергосбереження та екології : матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції ОДАБА (15–16 грудня 2021 р.). – Одеса : ОДАБА, 2021. – С. 17–20. – URL: https://www.tgpvodaba.org.ua/lib/conferences/zbirnyk_aktualni_problemy_energo_resursozberezhennya_odesa_2021.pdf (дата звернення 25.04.2023).
18. Воїнов О. П. Щодо проблеми удосконалення теплоенергетичного устаткування в сучасних умовах / О. П. Воїнов, Ю. Г. Елькін // Тези доповідей XVIII Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування», 13–14 грудня 2022 р. – Харків: НТУ «ХП», 2022. – С. 27–28. – ISBN 978-617-8130-14-5.
19. Елькін Ю. Про проблеми сучасної енергетики та шляхи їх вирішення / Ю. Елькін, О. Воїнов // Екологія. Ресурси. Енергія. Багатофункціональні еко- та енергоефективні ресурсозберігаючі технології в архітектурі, будівництві та суміжних галузях : робоча програма та тези допов. III-ї Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 23–25 лист. 2022. – С. 69–70.
20. Rebuilding Ukraine: Principles and policies. Paris Report 1 [Електронний ресурс] / Y. Gorodnichenko, I. Sologoub, B. Weder di Mauro (Ed.). – London : CEPR Press, 2022. – 467 p. – ISBN: 978-1-912179-67-1. – URL: https://cepr.org/system/files/publication-files/178114-paris_report_1_rebuilding_ukraine_principles_and_policies.pdf (дата звернення 22.05.2024).
21. Елькін Ю. Г. Про шляхи енергосбереження у післявоєнному відновленні України / Ю. Г. Елькін, О. П. Воїнов, С. А. Крюковська-Тележенко // Актуальні проблеми енерго-ресурсозбереження та екології: матер. V міжнар. наук.-техн. конф., Одеса, 13–14 грудня 2023 р. – Одеса : ОДАБА, 2023. – С. 119–122. – URL: <http://mx.ogasa.org.ua/handle/123456789/10703> (дата звернення 22.05.2024).
22. Воїнов О. П. Про сучасні задачі удосконалення теплоенергетичного устаткування / О. П. Воїнов, Ю. Г. Елькін // Тези доповідей XIX Міжнародної науково-технічної конференції «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування», 21–22 грудня 2023 р. – Харків: НТУ «ХП», 2023. – С. 72–73.

References (transliterated)

1. Rudenko L., Lisovskiy S., Marunjak Je. (2022), “Analiz strategij regional'nogo i miscevoogo rozvytku Ukrainy na shlyahy dosjagnennja «Cilej 2030»”, *Ekologichnyj visnyk*, no. 3(133), pp. 10–13, Access mode: https://www.ecoleague.net/images/2023/06_%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C/Ecology_digest_03_2022.pdf (accessed 22 May 2024).
2. (2023), *Rozporjadzhennja Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 21 kvitnja 2023 r. № 373-r “Pro shvalennja Energetychnoi strategii Ukrainy na period do 2050 roku”*, Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-p#n6> (accessed 22 May 2024).
3. (2019), *Zakon Ukrainy “Pro Osnovni zasady (strategiju) derzhavnoi ekologichnoi polityky Ukrainy na period do 2030 roku”* № 2697-VIII vid 28 lyutogo 2019 r., N 2697-VIII vid 28 lyutogo 2019 r. [The Law of Ukraine “On the Basic Principles (Strategy) of the Governmental Environmental Policy of Ukraine for the period throughout to 2030” No 2697-VIII of February 28, 2019], Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (accessed 22 May 2024).
4. Oficijnyj sajt Ministerstva energetyky Ukrainy (2022), *Ener-*

- getychna strategija Ukrainy do 2050 roku, Access mode: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya> (accessed 22 May 2024).
5. Omelyanovskij P. and Misak J red. (2009), *Теплова енергетика – нови виклики часу* [Thermal engineering – new challenges of the time], Ukrayins'ki tekhnologiyi, L'viv, Ukraine, ISBN 978-966-345-194-7.
 6. Bataltsev, Y. (2021), *Modeljuvannja tehnogenogo vplyvu na navkolyshnje pryrodne seredovyshhe ob'jektiv teploenergetyky* [Modeling of technogenic impact on the environment by thermal power facilities], Ph.D. Thesis, Sumy State University, Sumy, Ukraine, Access mode: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/83581/> (accessed 22 May 2024).
 7. Voinov O. P., Elkin Yu. G. (2021), “Boiler Plants and the Environment Protection from Industry Harmful Effects”, *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, No. 85, PP. 128-136, DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2021-85-128-136>.
 8. Ministerstvo zahystu dokvillja ta pryrodnyh resursiv Ukrainy (2021), “12.4. Vykorystannja vidnovljувal'nyh dzherel energii ta rozvytok alternatyvnoi energetyky”, *Nacional'na dopovid' pro stan navkolyshn'ogo pryrodного seredovyshha v Ukraini u 2021 roci*, pp. 325, Access mode: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (accessed 22 May 2024).
 9. Voinov O. P., Elkin Yu. G. (2023), “Pro misce kotel'nyh ustanovok u zabezpechenni stalogo rozvytku”, *Tezy dopovidej 79-i naukovo-tehnichnoi konferencii' profsors'ko-vykladac'kogo skladu Odes'koi' derzhavnoi akademii' budivnytva ta arhitektury (18–19 travnja 2023 r.)*, pp. 170, ISBN 978-617-7900-34-3, Access mode: https://odaba.edu.ua/upload/files/Zbirnik_Prof_viklad_2023_4.pdf (accessed 22 May 2024).
 10. Siryk A. O., Yevtushenko O. V. (2023), “Vplyv vykydiv kotel'nyh harchovyh pidpryjemstv na jakist' atmosferного povitrya [The Influence of Emissions From Boiler Units of Food Industry Enterprises on Atmospheric Air Quality]”, *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernads'kogo. Serija: Tehnichni nauky*, vol. 34(73), no. 4, pp. 135–143, <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.4.22>.
 11. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2021), *Vykydy zabrudnjujuchyh rehovyn vid stacionarnykh dzherel vykydiv v atmosferного povitrya u 2020 roci*, Access mode: <https://statbrd.ic.km.ua/ukr/statinf/ns/vzrk20.htm> (accessed 22 May 2024).
 12. Ukrain's'kyj naukovyj centr tehnichnoi' ekologii' (2004), *Zbirnyk pokaznykiv emisii' (pytomnyh vykydiv) zabrudnjujuchyh rehovyn v atmosferного povitrya riznymy vyrobnyctvamy. Tom I. Ukrain's'kyj naukovyj centr tehnichnoi' ekologii'*, 183 p., Access mode: https://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=53404/ (accessed 22 May 2024).
 13. Voinov O., Elkin Yu. (2023), “Reducing the Harmful Impact of Boiler Plants on the Environment”, *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 1–2(13–14), pp. 66–71, ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line), <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2023.01.11>.
 14. Elkin Yu., Voinov O. (2021), “Ekologichnyj aspekt udoskonalennja teploenergetychnogo ustatkuvannja”, *Tezy dopovidej HVII Mizhnarodnoi' naukov-tehnichnoi' konferencii' «Energetychni ta teplotehnichni procesy j ustatkuvannja», 27–28 kvitnja 2021 r.*, pp. 80–81, ISBN 978-617-7476-56-5.
 15. Elkin Yu., Voinov O. (2023), “Pro osoblyvosti stanu energetyky Ukrainy pid chas vijny”, *Informacijne suspil'stvo: tehnologichni, ekonomichni ta tehnicni aspekty stanovlennja: mater. Mizhnar. nauk. internet-konf., Ternopil', Ukraїna – Opole, Pol'shha, 19–20 veres. 2023 r. Sekcija 3: Tehnicni nauky*, vol. 80, pp. 202–204, ISSN 2522-932X, Access mode: <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-1253/> (accessed 22 May 2024).
 16. Voinov O., Elkin Yu. (2021), “Partial Renewal is a Tool for an Increase in the Environmental Efficiency of the Worn-out Power Facilities”, *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Power and heat engineering processes and equipment*, no. 4(8), pp. 47–51, ISSN 2078-774X (print), ISSN 2707-7543 (on-line), <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.04.07>.
 17. Voinov A. P., Elkin Yu. G., Golubova D. A. (2021), “Chastichnoe obnovlenie kotel'nykh ustanovok v probleme energosberezheniya [Partial Updating of the Boiler Plants in the Energy Saving Problem]”, *Aktual'ni problemy energoresursozberezhennja ta ekologii' : materialy IV mizhnarodnoi' naukov-tehnichnoi' konferencii' Odesa (15–16 grudnja 2021 r.)* [Actual Problems of Energy- and Resource Saving and Ecology: Materials of the IV International Scientific and Technical Conference, Odessa, OSACEA (15–16 December 2021)], pp. 17–20, Access mode: https://www.tgpvodaba.org.ua/lib/conferences/zbirnyk_aktualni_problemy_energo_resursoz_berezhennja_odesa_2021.pdf (accessed 25 April 2023).
 18. Voinov A. P., Elkin Yu. G. (2022), “Shhodo problemy udoskonalennja teploenergetychnogo ustatkuvannja v suchasnykh umovah”, *Tezy dopovidej HVIII Mizhnarodnoi' naukov-tehnichnoi' konferencii' «Energetychni ta teplotehnichni procesy j ustatkuvannja», 13–14 grudnja 2022 r.*, pp. 27–28, ISBN 978-617-8130-14-5.
 20. Gorodnichenko Y., Sologoub I., Weder di Mauro B. (Ed.) (2022), *Rebuilding Ukraine: Principles and policies. Paris Report 1*, CEPR Press, London, UK, 467 p., ISBN: 978-1-912179-67-1, Access mode: https://cepr.org/system/files/publication-files/178114-paris_report_1_rebuilding_ukraine_principles_and_policies.pdf (accessed 22 May 2024).
 21. Voinov A. P., Elkin Yu. G., Krjukovs'ka-Telezhenko S. A. (2023), “Pro shljahy energosberezhennja u pisljavojennomu vidnovlenni Ukrainy”, *Aktual'ni problemy energoresursozberezhennja ta ekologii' : mater. V mizhnar. nauk.-tehn. konf., Odesa, 13–14 grudnja 2023 r.*, pp. 119–122, Access mode: <http://mx.ogasa.org.ua/handle/123456789/10703> (accessed 22 May 2024).
 22. Voinov A. P., Elkin Yu. G. (2023), “Pro suchasni zadachi udoskonalennja teploenergetychnogo ustatkuvannja”, *Tezy dopovidej HIX Mizhnarodnoi' naukov-tehnichnoi' konferencii' «Energetychni ta teplotehnichni procesy j ustatkuvannja», 21–22 grudnja 2023 r.*, pp. 72–73, Access mode: <https://web.kpi.kharkov.ua/turbine/wp-content/uploads/sites/100/2024/06/Konferentsiya-tezy-2023-na-sajt.pdf> (accessed 22 May 2024).

Надійшла (received) 20.05.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Елькін Юрій Генрихович (Elkin Yuri) – кандидат технічних наук, доцент, Одеська державна академія будівництва і архітектури, завідувач кафедри теплогазопостачання та вентиляції; м. Одеса; тел.: (097) 924–99–04; e-mail: tgpriv@ogasa.org.ua, yrik29@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7677-377X>.

Воїнов Олександр Петрович (Voinov Oleksandr) – доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва і архітектури, професор кафедри теплогазопостачання та вентиляції; м. Одеса; тел.: (099) 193–96–86; e-mail: voinova_s@yahoo.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7548-4212>.