

УДК 658; 334.761; 620.9

JEL Classification: O14, Q40

DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.28.2024.302778>**Шевчук Н. А.**кандидат технічних наук, доцент  
ORCID ID: 0000-0003-0355-9793**Зайченко С. В.**доктор технічних наук, професор  
ORCID ID: 0000-0002-8446-5408*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Клещов А. Й.**кандидат технічних наук  
ORCID ID: 0000-0002-9412-4156*Національний координатор проекту,  
Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку***Shevchuk Nataliia, Zaichenko Stefan***National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"***Kleshchov Anton***National coordinator of the project,  
United Nations Industrial Development Organization*

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНОГО ГЕНЕРУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ІНДУСТРІАЛЬНИХ ПАРКІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ

## DETERMINATION OF ENERGY EFFICIENCY OF AUTONOMOUS GENERATING EQUIPMENT OF INDUSTRIAL PARKS IN CONDITIONS OF MILITARY AGGRESSION

У статті досліджується проблема визначення чинників енергоефективності індустриальних парків в умовах військової агресії в умовах запровадження Стратегії розвитку Індустриальних парків на період 2023–2030 років в Україні. На основі аналізу роботи підприємств, що працюють в умовах військової агресії, визначено головні чинники, що визначають енергоефективність виробництва електричної енергії. Такими чинниками є загальний коефіцієнт корисної дії енергогенеруючої установки, що визначається шляхом моніторингу і діагностування силового агрегату. Головними діагностичними чинниками генеруючого обладнання, що впливає на енергоефективність індустриальних парків в умовах військової агресії є: відношення струмів при компресорному і розгемітизованому режимах, реальна ступінь стискання, і як наслідок коефіцієнт корисної дії енергетичної установки. На основі визначених чинників визначено економічну ефективність запровадження системи моніторингу та діагностування силових агрегатів енергогенеруючого обладнання підприємств в умовах військової агресії. Встановлено рекомендації, щодо мінімізації витрат палива і зменшення викидів для забезпечення головних принципів роботи енергетичних підприємств в умовах індустриального симбіозу, їх екологічності та енергоефективності.

**Ключові слова:** індустриальний парк, декарбонізація економіки, енергоефективність, електричний генератор, економічна ефективність.

The article examines the problem of determination of energy efficiency factors of Industrial parks in the conditions of military aggression in the conditions of the implementation of the Strategy for the Development of Industrial Parks for the period 2023–2030 in Ukraine. The functioning of industrial parks is aimed at attracting investments and developing the economy of Ukraine, introducing innovative and energy-saving technologies, creating new jobs, sustainable development and protection of the natural environment. The energy efficiency of industrial parks primarily depends on the main parameters of the selected technological processes that are embedded in the basis of enterprises and their productivity. A significant factor affecting the environmental friendliness and energy efficiency of industrial parks is the method of energy generation. On the basis of the analysis of the work of enterprises operating in conditions of military aggression, the main factors determining the energy efficiency of electricity production have been determined. Such factors are the overall efficiency of the power generating unit, which is determined by monitoring and diagnosing the power unit. Analyzing changes in energy efficiency, the characteristics of the power part of one of the most powerful diesel engines were selected. The main diagnostic factors of generating equipment that affect the energy efficiency of industrial parks in conditions of military aggression are: the ratio of currents in compressor and non-hemetic modes, the real degree of compression, and as a result, the efficiency of the power. The practical significance of the conducted research is that, based on the proposed factors, the economic efficiency of the implementation of the system for monitoring and diagnosing power units of energy-generating equipment of enterprises in conditions of military aggression was

*determined. Recommendations have been established to minimize fuel consumption and reduce emissions to ensure the main principles of operation of energy enterprises in conditions of industrial symbiosis, their environmental friendliness and energy efficiency.*

**Keywords:** industrial park, decarbonization of the economy, energy efficiency, electric generator, economic efficiency.

**Постановка проблеми.** Аналіз стратегії розвитку індустріальних парків на період 2023–2030 року передбачає впровадження моделі еко-індустріального парку, яка буде орієнтована на принципах циркулярної економіки та впровадженні ресурсо- та енергоефективних технологій. Функціонування індустріальних парків спрямоване на залучення інвестицій та розвиток економіки України, запровадження інноваційних та енергозберігаючих технологій, створення нових робочих місць, сталий розвиток та захист навколишнього природного середовища [1–2]. Передбачуваність і енергоресурсоефективність виробництва можлива за умови визначення головних чинників, що визначають стан енергогенеруючих потужностей. Національна економічна стратегія на період до 2030 року визначає, зокрема, такі орієнтири, принципи та цінності в економічній політиці, як Європейська інтеграція (реалізація стратегічного курсу держави на набуття повноправного членства України в ЄС) та декарбонізація економіки (підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки та синхронізація із ініціативою «Європейський зелений курс») [3].

Енергоефективність індустріальних парків в першу чергу залежить від основних параметрів обраних технологічних процесів, які закладені в основу підприємств та їх продуктивності. Проте суттєвим чинником, що впливає на екологічність та енергоефективність індустріальних парків є спосіб генерації енергії. За нормальних умов існування економіки беззаперечними лідерами за показниками енергоефективності та екологічності є відповідно атомна та відновлювальна енергетика. В умовах військової агресії, коли противник пошкоджує основні генеруючі і розподілюючі потужності, залишаючи 40% від загальної системи, резервні та аварійні джерела живлення стають основними.

Тільки за 2022 рік Україна імпортувала генераторів на 202 млн дол, про що свідчать дані Державної митної служби. Це більше, ніж за минулий рік, на 196 млн дол. Так беручи до уваги вартість одного кВт потужності 10 000грн, введена нова потужність складає близько 1ГВт. В більшості генераторів, що придбали українські підприємства, у якості пристрою що приводить у дію альтернатор використано двигун внутрішнього згоряння, що суттєво змінило розподіл витрат на виробництво за рахунок вартості електричної енергії, що генерується. Серед введених у виробництво, доля потужних станцій (більше 110кВА), які використовують промислові підприємства малого і середнього бізнесу, складає 37%.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У зарубіжній та вітчизняній літературі представлені роботи, присвячені різним аспектам розвитку індустріальних парків та визначення чинників їх енергоефективності. Серед науковців, що займаються тематикою індустріальних парків слід відмітити праці таких вчених як: Н. Беллантуоно, І. Єгорова, С. Тульчинська, Н. Соліха. Також дослідження проводить Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку (ЮНІДО) тощо.

Визначення енергоефективності автономного генеруючого обладнання індустріальних парків в умовах військової агресії включає в себе комплекс оцінок і заходів, спрямованих на забезпечення ефективного використання енергії та забезпечення стійкості систем енергопостачання в умовах непередбачуваних ситуацій.

Ефективне використання енергетичних ресурсів було і є значним інтересом усіх осіб, які приймають рішення на національному, європейському та міжнародному рівнях. Європейський Союз (ЄС) і всі країни-члени підписали і ратифікували Паризьку угоду про скорочення викидів парникових газів на 55% до 2030 року в порівнянні з рівнем 1990 року. Дану мету можливо досягнути лише за умов використання справно енергогенеруючого обладнання на базі двигун внутрішнього згоряння з високими енергетичними показниками і малим шкідливими викидами. Підтримання справного рівня обладнання можливо за умов застосування діагностичних методів які направлені на контроль показників стану енергогенеруючого обладнання на базі двигун внутрішнього згоряння які впливають на енергоефективність роботи в цілому. Одним з таких показників, що суттєво впливають на енергоефективність енергогенеруючого обладнання є компресія циліндрів (real compression ratio) [4].

В основі діагностичного процесу лежить отримання експериментальних даних, діагностичних ознак, які залежно від ступеня інформативності визначають стан досліджуваного. Для діагностики двигунів внутрішнього згоряння, яка дозволяє в більшості випадків шляхом порівняння отриманих експериментальних даних з нормативними встановити технічний діагноз, передбачено ряд діагностичних методів. Одним з прогресивних методів, що дозволяє діагностувати герметичність циліндропоршневої групи, є вимірювання компресії (тиску) за допомогою компресорів і компресорографів. До недоліків методу можна віднести велику трудомісткість, пов'язану з розбиранням двигуна, і недостовірність даних.

Зазначених недоліків позбавлена система діагностики ДВЗ, яка використовує як діагностичний параметр рівень струм стартера [5]. Системи даних засновані на аналізі зміни моменту прокручування колінчастого валу двигуна без подачі палива в компресорному режимі шляхом вимірювання рівня струму і напруги стартера дозволяють шляхом визначення технічного стану обладнання встановити питомі значення витрат палива та головні техніко-економічні показники енергогенеруючого обладнання.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є визначення чинників енергоефективності індустріальних парків в умовах військової агресії з врахування переходу підприємств на власну генерацію електричної енергії генераторами на базі двигунів внутрішнього згоряння.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішувалися наступні задачі:

– визначення головних чинників, що формують енергоефективність виробництва електричної енергії,

і як наслідок ефективність підприємств, що входять до індустріальних парків;

– на основі чинників визначення ефективності запровадження системи моніторингу та діагностування силових агрегатів енергогенеруючого обладнання підприємств в умовах військової агресії;

– надання рекомендацій, щодо мінімізації витрат палива і зменшення викидів для забезпечення головних принципів індустріальних парків, екологічності та енергоефективності.

**Виклад основного матеріалу.** Одним із важливих напрямів створення та функціонування індустріальних парків є запровадження інноваційних та енергозберігаючих технологій, використання збалансованих джерел відновлюваної енергії та енергозберігаючих продуктів і послуг [6].

Політика декарбонізації економіки полягає в підвищенні енергоефективності та розвитку відновлюваних джерел енергії. Для реалізації політики необхідно визначити головні чинники формування енергоефективності виробництва електричної енергії підприємств, що входять до індустріальних парків.

Головними заходами, що дозволяють встановити головні енергетичні параметри і стан енергетичного обладнання залишаються системи технічного діагностування, що стали невід'ємною складовою сучасних технічних об'єктів. Сучасні генеруючі установки на базі двигунів внутрішнього згорання мають визначають цілий ряд параметрів, які в більшості направленні на моніторинг якості електричної енергії, що генерується. Для встановлення діагностичних параметрів, що могли б прогнозувати і визначати енергоефективність виробництва необхідно створення тестової системи діагностування [7].

Одним з головних чинників, що оцінюють енергоефективність роботи дизеля є індикаторний коефіцієнт корисної дії (ККД). Індикаторний ККД – це співвідношення теплоти, яка була перетворена на механічну роботу робочого циклу, до всієї теплоти, яка була занесена за допомогою палива у двигун. Залежить показник індикаторного ККД від параметра ступеня стиснення та коефіцієнта надлишку повітря, а також обертів колінчастого валу.

Індикаторний ККД можливо розрахувати за залежністю:

$$\eta_i = \frac{p_i l_0 \alpha}{H_u \rho_k \eta_v}, \quad (1)$$

де  $p_i$  – середній індикаторний тиск;

$\rho_k$  – густина палива;

$H_u$  – нижня теплота згорання;

$\eta_v$  – коефіцієнт наповнення;

$l_0$  – питома кількість повітря необхідне для спалювання палива;

$\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря.

Використання даної залежності ускладнене через велику кількість складових і складність їх встановлення.

Разом з цим індикаторний ККД можливо визначити теоретично, при припущенні, що робоче тіло – чисте повітря і що згоранні вуглеводневого палива серед чистого повітря утворюються лише  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ . Інше припущення передбачає, що протягом усього циклу відсутній теплообмін зі стінками циліндра. За цих припущень ККД такого теоретичного циклу:

$$\eta = 1 - \left( \frac{1}{\varepsilon} \right)^{k-1}, \quad (2)$$

де  $\varepsilon$  – ступінь стиснення;  $k$  – показник адиабати (ставлення теплоємності при постійному тиску до теплоємності при постійному обсязі), що дорівнює 1,4 для повітря.

Враховуючи високу інформативність реального значення ступені стикання двигуна і високу залежність енергетичних показників силової установки, ступінь стикання обрано у якості головного діагностичного показника. Проте метод його визначення потребує удосконалення і модернізації. Враховуючи можливість використання пускових струмів стартеру для аналізу роботи поршневих машин [8–10] пропонується у якості допоміжних параметрів використати електричні характеристики, струм і напругу живлення стартеру при прокручуванні колінчастого валу для визначення необхідних параметрів об'єкту діагностування.

Очевидний економічний ефект від впровадження системи діагностування силової частини електростанції полягає у економії палива при генерації електричної енергії для підприємства та економії коштів від непланового ремонту дизеля генератора.

Зменшення питомих витрат палива при генерації електричної енергії також призведе до зменшення шкідливих викидів, що є невід'ємною концепцією екоіндустріальних парків [11].

Також необхідно сказати, що впровадження системи діагностування силової частини електростанції вплине на надійність генератора в цілому за рахунок прогнозування ресурсу за ступенем стиснення дизеля або окремих циліндрів.

Як було зазначено вище, за встановленими струмами експериментальним шляхом можливо визначити реальне значення ступеня стиснення і його вплив на загальний ККД генератора після проведення діагностування за розробленим методом. Визначення економії виконаємо розрахунковим шляхом за допомогою розробленої математичної комп'ютерної моделі [12] процесу діагностування силового обладнання електрогенераторів на базі двигунів внутрішнього згорання.

При аналізі зміни енергоефективності обрані характеристики силової частини одного з самих потужних дизельних двигунів 16ЧН26/26(5Д49) потужністю 3000к.с(2200Квт). Для встановлення залежності зміни ККД від діагностичного параметру, відношення струмів  $K_f$  при компресорному і розгемітизованому режимах, побудовано діаграму (рис. 1).

Діаграма зміни ККД силової частини генератора від відношення струмів  $K_f$  при компресорному і розгемітизованому режимах показує різницю між ККД при справному двигуні (0,337) і працездатному стану. Очевидно, що для генерації енергії при зниженні ККД генератор буде витратити більшу кількість палива. Коефіцієнт збільшення витрат палива:

$$K_n = \frac{\eta_0}{\eta_s}, \quad (3)$$

де  $\eta_0$  – ККД справного стану;

$\eta_s$  – ККД працездатного стану.

Перевитрати палива при несправному стані:

$$\Delta Q = Q(K_n - 1), \quad (4)$$

$Q$  – витрати палива у справному стані:

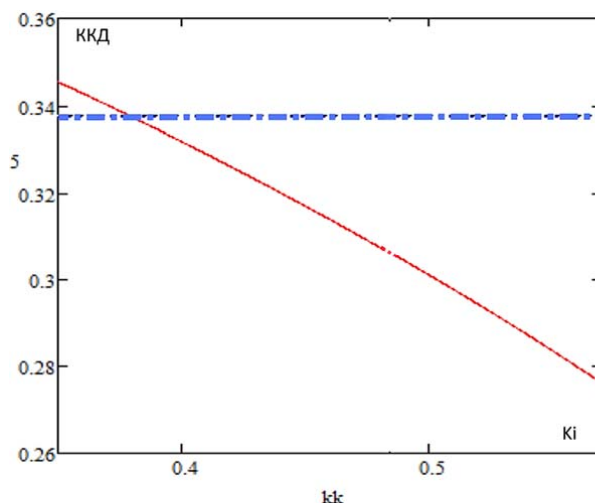


Рис. 1. Діаграма зміни ККД силової частини генератора від відношення струмів  $K_1$  при компресорному і розгемитизованому режимах

$$Q = N * BSFC = 2200 * 211 = 464 \text{ кг} / \text{год} \quad (5)$$

$N$  – потужність двигуна (2200 кВт);

$BSFC$  – питомі витрати палива (0,211 кг/(кВт\*год).

Відповідно для випадку працездатного стану обраного прикладу:

$$\Delta Q = 464 \left( \frac{0,337}{0,328} - 1 \right) = \frac{12,73 \text{ кг}}{\text{кВт} * \text{год}}. \quad (5)$$

За умови використання потужності 50% і часу використання 50% при 12 місячній роботі річні перевитрати палива складуть:

$$\Delta Q_p = 12,73 * 24 * 12 * 365 * 0,5 * 0,5 = 334500 \text{ кг}. \quad (6)$$

Помноживши  $\Delta A$  на вартість дизельного палива одержимо річний економічний ефект у грошовому вираженні при усуненні дефекту пов'язаному з погіршенням стану циліндро поршневої групи:

$$E_n = \Delta Q_p * Tar = 334500 * 65,05 = 21 \text{ млн. грн}. \quad (7)$$

65,05 грн – вартість дизельного палива станом на 2023 р.

Вартість ремонту циліндрів дизеля складає 1089205,94 грн. Орієнтовна вартість придбання діагностичного обладнання 40000 грн.

Термін окупності запропонованого заходу:

$$T_{ок} = \frac{C_{заг}}{E_n} = \frac{1089205,94 + 40000}{21000000} = 0,05 \text{ роки}. \quad (8)$$

У такий спосіб впровадження запропонованих заходів є економічно доцільним.

Враховуючи вище сказане, очевидно що для реалізації Стратегії розвитку індустріальних парків на період 2023–2030 років за умови військової агресії впровадження інноваційних та енергозберігаючих технологій є дуже важливим і актуальним. Чинниками, що впливають на роботу підприємств в індустріальному симбіозі, є стан генеруючого енергетичного обладнання на базі двигунів внутрішнього згорання, що

визначаються системою моніторингу і технічного діагностування. Застосування запропонованої методики у якості чинників відношення струмів  $K_1$  при компресорному і розгемитизованому режимах дозволить суттєво підвищити енергоефективність підприємств і зменшити шкідливі викиди в навколишнє природне середовище.

**Висновки.** У статті досліджено основні чинники енергоефективності підприємств індустріальних парків в умовах військової агресії в умовах запровадження Стратегії розвитку Індустріальних парків на період 2023–2030 років. Визначено переваги, що визначають енергоефективність виробництва електричної енергії на основі аналізу роботи підприємств, що працюють в умовах військової агресії. Визначено, що такими чинниками є загальний коефіцієнт корисної дії енергогенеруючої установки, що визначається шляхом моніторингу і діагностування силового агрегату.

Наукова новизна роботи полягає у дослідженні головних діагностичних чинників генеруючого обладнання, які впливають на енергоефективність індустріальних парків в умовах військової агресії. Ними визначено відношення струмів при компресорному і розгемитизованому режимах, реальна ступінь стиснення, і як наслідок коефіцієнт корисної дії енергетичної установки.

Практичне значення проведеного дослідження полягає у тому, що на основі запропонованих чинників визначено економічну ефективність запровадження системи моніторингу та діагностування силових агрегатів енергогенеруючого обладнання підприємств в умовах військової агресії. Встановлено рекомендації, щодо мінімізації витрат палива і зменшення викидів для забезпечення головних принципів роботи енергетичних підприємств в умовах індустріального симбіозу, їх екологічності та енергоефективності.

#### Література:

1. Стратегія розвитку індустріальних парків на 2023-2030 роки. Кабінет Міністрів України. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176-2023-%D1%80?find=1&text=%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE#w1\\_1](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176-2023-%D1%80?find=1&text=%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE#w1_1) (дата звернення: 25.09.2023).

2. Шевчук Н.А., Тульчинська С.О., Погребняк А.Ю. Напрями змін регуляторних актів щодо розвитку індустріальних парків в Україні. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2021. № 20. С. 25–30.
3. Національна економічна стратегія 2030. Кабінет Міністрів України. URL: <https://nes2030.org.ua> (дата звернення: 13.09.2023).
4. R. Davis, R. Lorenz. Engine torque ripple cancellation with an integrated starter alternator in a hybrid electric vehicle: implementation and control. *IEEE Transactions on Industry Applications*. 2013. Vol. 39(6). P. 1765–1774.
5. Bazhinov A., Serikova E. Software and hardware complex for estimating the residual life of an internal combustion engine. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*. 2009. Vol. 45. P. 25–31.
6. Закон України Про Індустріальні парки. 2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5018-17#Text> (дата звернення: 12.09.2023).
7. Tulchynska S., Shevchuk N., Popelo O., Pohrebniak A., Kravchuk Y. Operation of industrial parks in the conditions of sustainable development and the paradigm of circular economy. *Laplace em Revista (International)*. Vol. 7, No. 3C, Sept.-Dec. 2021. P. 238–247.
8. Stefan Zaichenko, Ümran Erçetin, Roman Kulish, Denis Derevyanko and Vadim Shalenko, Determination of diagnostic parameters of power plants based on internal combustion engines. *Revista Minelor/Mining Revue*. 2021. T. 27. № 3. P. 86–92.
9. Stefan Zaichenko, Stepan Shevchuk, Vitalii Opryshko, Sergey Pryadko, Aissa Halem and Aymen Adjebi. Determination of autonomous electrical energy source technical condition based on an internal combustion engine. *IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2020. P. 305–308.
10. Denysiuk Serhii, Zaichenko Stefan, Opryshko Vitalii and Derevyanko Denys Assessment of consumers power consumption optimization based on demand side management. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2021. No. 2. P. 19–31. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001689>
11. UNIDO. International recommendations for Industrial Parks. 2019. Vienna.
12. Stefan Zaichenko, Serhii Denysiuk Göktay Ediz, Umran Erçetin, Denys Derevyanko and Volodymyr Dubovyk. Comparison of energy efficiency of a synchronous electric generator with a spark ignition engine using gasoline and gasoline blended with ethanol. *2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. DOI: <https://doi.org/10.1109/ESS57819.2022.9969252>

#### References:

1. Stratehiya rozvytku industrial'nykh parkiv na 2023–2030 roky. Kabinet Ministriv Ukrainy. Available at: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176-2023-%D1%80?find=1&text=%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE#w1\\_1](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176-2023-%D1%80?find=1&text=%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE#w1_1) (accessed September 25, 2023). (in Ukrainian)
2. Shevchuk N. A., Tulchynska S. O., & Pohrebniak A. Yu. (2021). Napriamy zmin rehuliatornykh aktiv shchodo rozvytku industrialnykh parkiv v Ukraini. *Ekonomichniy visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut»*, no. 20, pp. 25–30. (in Ukrainian)
3. Natsionalna ekonomichna stratehiia 2030. Kabinet Ministriv Ukrainy. Available at: <https://nes2030.org.ua> (accessed September 13, 2023). (in Ukrainian)
4. Davis R., Lorenz R. (2013) Engine torque ripple cancellation with an integrated starter alternator in a hybrid electric vehicle: implementation and control. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 39(6), pp. 1765–1774.
5. Bazhinov A., Serikova E. (2009) Software and hardware complex for estimating the residual life of an internal combustion engine. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*, vol. 45, pp. 25–31.
6. Zakon Ukrainy Pro Industrialni parky (2012). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5018-17#Text> (accessed September 12, 2023). (in Ukrainian)
7. Tulchynska S., Shevchuk N., Popelo O., Pohrebniak A., & Kravchuk Y. (Sept.-Dec. 2021) Operation of industrial parks in the conditions of sustainable development and the paradigm of circular economy. *Laplace em Revista (International)*, vol. 7, no. 3C, pp. 238–247.
8. Zaichenko S. et al. (2021) Determination of diagnostic parameters of power plants based on internal combustion engines. *Revista Minelor/Mining Revue*, no. 27(3), pp. 86–92.
9. Zaichenko S. et al. (2020) Determination of autonomous electrical energy source technical condition based on an internal combustion engine. *IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. IEEE, pp. 305–308.
10. Denysiuk S. et al. (2021) Assessment of consumers power consumption optimization based on demand side management. *EUREKA: Physics and Engineering*, no. 2, pp. 19–31.
11. UNIDO (2019) International recommendations for Industrial Parks. Vienna.
12. Zaichenko S. et al. (2022) Comparison of energy efficiency of a synchronous electric generator with a spark ignition engine using gasoline and gasoline blended with ethanol. *IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. IEEE.