

УДК 621.43.068.4:504.064.4

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ КРИТЕРІАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ІЗ ПОРШНЕВИМ ДВЗ

С.О. Вамболь, проф., д.т.н., О.М. Кондратенко, к.т.н., О.В. Метельов, доц., к.т.н.,
Національний університет цивільного захисту України, м. Харків

Анотація. Розроблено алгоритм критеріального еколого-економічного оцінювання ефективності експлуатації енергетичних установок із поршневими ДВЗ. Визначено ієрархічне місце такого критерію. Розрахунково обґрунтовано вибір одиниць вираження вартісних еквівалентів складових комплексного паливно-екологічного критерію проф. І.В. Парсаданова.

Ключові слова: екологічна безпека, еколого-економічна ефективність, ДВЗ.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КРИТЕРИАЛЬНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ПОРШНЕВЫМ ДВС

С.А. Вамболь, проф., д.т.н., А.Н. Кондратенко, к.т.н., А.В. Метелев, доц., к.т.н.,
Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

Аннотация. Разработан алгоритм критериальной эколого-экономической оценки эффективности эксплуатации энергетических установок с поршневыми ДВС. Определено иерархическое место такого критерия. Расчетно обоснован выбор единиц выражения стоимостных эквивалентов составляющих комплексного топливно-экологического критерия И.В. Парсаданова.

Ключевые слова: экологическая безопасность, эколого-экономическая эффективность, ДВС.

METHODOLOGICAL BASICS OF CRITERIAL INTEGRATED FUEL AND ECOLOGICAL ASSESSMENT OF PISTON ICE POWER PLANTS OPERATION EFFICIENCY

S. Vambol, Prof., D. Sc. (Eng.), O. Kondratenko, Ph. D. (Eng.), O. Myetyelyev, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.), National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkov

Abstract. In this article they proposed to use the algorithm developed by the authors for implementation of integrated ecological and economical criteria-based assessment of exploitation process efficiency of power plants with internal combustion engines. The aspects of hierarchical place for such evaluation criteria in the structure of the relevant ecological safety management system, construction and life-cycle of the power plant is studied. Applied calculations justified the choice of value of the equivalent units of components of prof. Parsadanov's integrated fuel and ecological criteria.

Key words: technogenic and ecological safety, ecological and economical efficiency, criterial assessment, piston ICE, power plant, value equivalent units, algorithm, settlement estimation.

Вступ

Транспортні енергетичні установки (ТЕУ), джерелом механічної енергії в яких виступає поршневий двигун внутрішнього згоряння (ПДВЗ), являють собою потужне джерело

екологічної небезпеки, зокрема – масового викиду газоподібних поллютантів із потоком їх відпрацьованих газів (ВГ) [1]. Забезпечення виконання ТЕУ з ПДВЗ законодавчо встановлених показників екологічної безпеки (ЕБ) є однією з пріоритетних задач як спеціа-

лістів у підгалузі двигунобудування, так і спеціалістів у галузі ЕБ.

За рахунок вищенаведеного можливим також є забезпечення ЕБ урбосистеми, що неодмінно має базуватися на відповідному методологічному забезпеченні – системах управління екологічною безпекою (СУЕБ).

Для кількісного оцінювання ефективності застосування заходів щодо забезпечення ЕБ урбосистему, з урахуванням техногенного навантаження на них, виявлено потребу в розробці відповідних критеріїв. Також за допомогою таких критеріїв стає можливим порівняння конкуруючих розробок та окремих технічних рішень для однієї і тієї ж розробки.

Таким чином, розробка критеріїв ефективності функціонування СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ як невід'ємної частини їх життєвого циклі (ЖЦ), що вирізняються якомога більшою універсальністю та враховують у зв'язку з цим якомога більшу кількість факторів екологічної небезпеки, є актуальною задачею, яка містить ознаки наукової новизни та має практичну цінність.

Аналіз публікацій

Авторами дослідження [1] розроблено СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ. Структура такої СУЕБ містить Етап 4 із назвою «Результати використання СУЕБ», який, у свою чергу, містить Рівень 8 під назвою «Система моніторингу і контролю рівня ЕБ», є завершальним у структурі СУЕБ, замикає її зворотним зв'язком шляхом застосування моніторингу рівня показників ЕБ та контролю ефективності роботи самої СУЕБ [1–3].

Функцію всієї СУЕБ та її Рівня 8 описано вербально-логічними формулами у [1, 3], що мають такий вигляд:

$$F_j^i \{N\} = [A, B, C] = F \{ \text{система забезпечення ЕБ} \} = [\text{показники ЕБ (A) технологічного процесу вилучення та обробки відходів і політантів, джерелом яких є ТЕУ з ПДВЗ (B), за раціональними організаційно-технічними параметрами шляхом застосування нових чи вдосконалених технологій забезпечення ЕБ (C)}]; \quad (1)$$

$$F^8 \{ \text{Система моніторингу рівня ЕБ та контролю роботи СУЕБ} \} = [\text{моніторинг і контроль рівня показників ЕБ процесу експлуатації ЕУ}$$

з ПДВЗ (A) у процесі функціонування відповідної СУЕБ (B), при раціональних організаційно-технічних параметрах із використанням нових і вдосконалених технологій забезпечення ЕБ (C)], \quad (2)

де A – дія системи чи її компонента, що призводить до необхідного результату; B – найменування об'єкта, на який спрямовано дію системи чи її компонента; C – формулювання особливих умов та обмежень, за яких виконується дія системи чи її компонента; i – номер рівня СУЕБ; j – номер структурного елемента рівня СУЕБ; N – найменування структурного елемента СУЕБ.

Мета і постановка завдання

Метою дослідження є створення методологічних засад комплексного критеріального еколого-економічного оцінювання ефективності експлуатації ТЕУ з ПДВЗ.

Завданнями дослідження є:

- 1) розробка чи вибір з існуючих критерію для комплексного еколого-економічного оцінювання ефективності експлуатації ТЕУ з ПДВЗ;
- 2) розробка алгоритму такого оцінювання;
- 3) визначення ієрархічного місця такого критерію у структурі СУЕБ, ТЕУ та її ЖЦ;
- 4) обґрунтування вибору одиниць вартісних еквівалентів складових критерію.

Об'єктом дослідження є методологічні засади оцінювання ефективності функціонування СУЕБ процесу експлуатації ЕУ з ПДВЗ.

Предметом дослідження – критерій, що комплексно характеризує об'єкт дослідження.

Методологічні засади комплексного критеріального еколого-економічного оцінювання ефективності експлуатації ТЕУ з ПДВЗ

Вирішення завдання створення методологічного забезпечення для реалізації цього Етапу такої СУЕБ пропонується здійснити шляхом розробки критерію ефективності її функціонування, що відрізняється якомога більшою універсальністю. Пропонована концепція розробки критерію ефективності функціонування СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ і алгоритму його застосування передбачає таку послідовність кроків [4], подану в табл. 1.

Таблиця 1 Послідовність кроків алгоритму

Крок	Назва та сутність кроку
А	«Базовий варіант об'єкта» Кількісна оцінка в абсолютних і відносних одиницях рівня значень комплексу техніко-економічних і екологічних порежимних та/або середньоексплуатаційних показників базового варіанта ТЕУ з ПДВЗ, тобто до впровадження розроблених заходів щодо підвищення рівня ЕБ
Б	«Дія СУЕБ на об'єкт» Кількісна оцінка в абсолютних і відносних одиницях рівня значень комплексу техніко-економічних і екологічних порежимних та/або середньоексплуатаційних показників базового варіанта ТЕУ з ПДВЗ, тобто до впровадження розроблених заходів щодо підвищення рівня ЕБ
В	«Модернізований варіант об'єкта» Кількісна оцінка рівня значень такого комплексу для модернізованого варіанта ТЕУ з ПДВЗ, тобто після розробки і впровадження заходів щодо підвищення рівня ЕБ на основі нових і вдосконалених способів і засобів
Г	«Відгук об'єкта на дію СУЕБ» Встановлення абсолютного і відносного значень різниці величин такого комплексу для базового та модернізованого варіантів ТЕУ з ПДВЗ, що і пропонується вважати критерієм ефективності функціонування СУЕБ
Д	«Нормування критерію ефективності функціонування СУЕБ» Порівняння отриманого значення різниці величин такого комплексу з його граничним значенням або розробленою шкалою значень і винесення певних висновків на цій основі
Е	«Коригування дії СУЕБ на об'єкт» Коригування виду або послідовності заходів щодо забезпечення ЕБ у структурі СУЕБ експлуатації ТЕУ з ПДВЗ, а також інтенсивності або характеру впливу окремо взятого заходу
Ж	«Зворотний зв'язок» Рационалізація критерію ефективності функціонування СУЕБ в ітераційному процесі варіювання значень параметрів процесів і виконавчих органів, що забезпечують необхідний рівень ЕБ

З неї видно, що запропонований алгоритм є замкнутим зворотним зв'язком (тобто циклічним) і не є автономним відносно самої СУЕБ, оскільки містить Кроки «Б» і «Е», якими і реалізується його взаємодія із СУЕБ. Тому його можна назвати інтегрованим у СУЕБ. При цьому Крок «Б» є джерелом нової інформації в алгоритмі, а Крок «Е» – вже джерелом інформації для СУЕБ.

Для реалізації Кроку А «Базовий варіант об'єкта» і Кроку В «Модернізований варіант об'єкта» розроблюваного алгоритму, враховуючи, в першу чергу, специфіку технічного об'єкта впливу СУЕБ, пропонується використовувати комплексний паливно-екологічний критерій проф. І.В. Парсаданова $K_{ПЕ}$ [5] та інші, подібні до нього, розроблені на його основі або за його подобою. Як порежимні вихідні дані для такого оцінювання слід використовувати результати експериментальних або розрахункових досліджень за відомими вдосконаленими або розробленими методиками, наприклад із дослідження [6]. Для отримання середньоексплуатаційних значень вочевидь слід використовувати методики випробувань, що відповідають певній моделі експлуатації ПДВЗ або ТЕУ і у зв'язку з цим містять перелік стаціонарних, перехідних або

змішаних режимів їх роботи і характеристики самих режимів (для ПДВЗ – значення частоти обертання колінчастого вала, крутного моменту, вагового фактора і т.д.), а також відповідні методики обробки експериментальних даних. У разі неможливості проведення експериментальних досліджень за певною моделлю експлуатації й наявності даних попередніх досліджень, для отримання необхідних даних можна скористатися математичним апаратом апроксимації (наприклад, методом найменших квадратів або лінійної регресії), інтерполяції або екстраполяції [4].

Для реалізації Кроку Б «Дія СУЕБ на об'єкт» пропонується використовувати результати інших Етапів СУЕБ, описаних в [1, 2].

Для реалізації Кроку Г «Відгук об'єкта на дію СУЕБ» алгоритму пропонується різницю величин комплексу техніко-економічних та екологічних показників базового й модернізованого варіантів ТЕУ з ПДВЗ власне і вважати критерієм ефективності функціонування СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ – $\Omega_{СУЕБ}$ [5]. Склад комплексу техніко-економічних і екологічних показників роботи ПДВЗ, що враховуються таким критерієм, повинен

бути якомога повнішим, що визначає рівень його універсальності, та відповідати пунктам класифікації факторів небезпеки, джерелом яких є ПДВЗ у складі ТЕУ, розробленої в роботі [1] і поданої на рис. 1.

Тоді критерій ефективності функціонування СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ визначається за формулою [4]

$$\Omega_{\text{СУЕБ}} = (E_M - E_B) / E_B, \quad (3)$$

де E_M і E_B – відповідно витрати грошових коштів для модернізованого та базового варіантів ТЕУ з ПДВЗ, \$.

Обґрунтування вибору одиниць вимірювання витрат у формулі (3) наведено у [4].



Рис. 1. Класифікація видів забруднення НПС ПДВЗ у складі ТЕУ [1]

Є раціональним виражати величини витрат E у формулі (3), що формують значення $\Omega_{\text{СУЕБ}}$, в одній з широко поширених в Україні вільно конвертованих світових резервних валют – долар США. Ця грошова одиниця має історію, що повністю охоплює історію ПДВЗ від зародження ідеї й до сьогодні. При цьому слід врахувати, що купівельна спроможність долара США впродовж його існування з моменту створення першого ПДВЗ і до останнього часу теж не була постійною в силу прояву явища інфляції, що можна врахувати шляхом застосування індексу споживчих цін – Consumer Price Index CPI [7].

Для забезпечення можливості проведення порівняльних досліджень різних джерел енергії для ТЕУ, наприклад ПДВЗ і окремо фотоелектричного перетворювача (ФЕП) на основі наноструктурованих напівпровідників [11], або комплексу з ФЕП і суперконденсатора або комплексу з ФЕП, суперконденсатора й електродвигуна, у структурі розроблюваного критерію $\Omega_{\text{СУЕБ}}$ витрати на паливо слід перетворити в одиниці енергії або потужності.

Слід також звернути увагу на те, що обладнання дизеля ФТЧ позначається на значенні $K_{\text{ПЕ}}$ як складової частини $\Omega_{\text{СУЕБ}}$ одночасно позитивно – за рахунок зменшення масового викиду ТЧ із потоком ВГ (і відповідних грошових витрат на компенсацію впливу цього чинника небезпеки на навколишнє середови-

ще або урбосистем), і негативно – за рахунок підвищення витрат палива на подолання гідравлічного опору ФТЧ [4, 6, 10].

Для реалізації Кроку Д «Нормування критерію ефективності функціонування СУЕБ» розроблюваного алгоритму пропонується використовувати дані нормативно-правових актів, що діють на території, де здійснюється експлуатація ТЕУ, наприклад Правила СЕК ООН № 49 або 96 [1].

Для реалізації Кроку Е «Коригування дії СУЕБ на об'єкт» розроблюваного алгоритму пропонується спиратися на специфічні особливості конкретного заходу для забезпечення рівня ЕБ процесу експлуатації ЕУ з ПДВЗ або комплексу таких заходів.

Для реалізації Кроку Ж «Зворотний зв'язок» розроблюваного алгоритму пропонується використовувати метод планування експерименту [12], математичний апарат багатокритеріальної оптимізації [13], а також математичний апарат нечіткої логіки, а саме узагальненої функції бажаності Харінгтона із застосуванням психофізичних шкал [14, 15].

При розробці критерію $\Omega_{\text{СУЕБ}}$ необхідно врахувати такі аспекти ієрархічної структури СУЕБ, ТЕУ та її ЖЦ. Весь ЖЦ ТЕУ з ПДВЗ поділяють на послідовний ланцюг етапів, поділ на які не знайшов єдиного підходу поміж дослідників. У світлі специфіки даної проб-

лематики і вищесказаного їх раціонально об'єднати у блоки, подані на рис. 2.

При розробці критерію $\Omega_{СУЕБ}$ необхідно також врахувати особливості ТЕУ як таких і ПДВЗ як їх джерел енергії.

По-перше, один і той самий ПДВЗ може використовуватися для приводу різнотипних ТЕУ (наприклад, автотракторні дизелі), тобто використовуватися за різними моделями експлуатації.

По-друге, одна ТЕУ може містити більше одного ПДВЗ (наприклад, пересувний бетонозмішувач із приводом міксера від окремого ПДВЗ, автопоїзд із тягача й енергоагрегата з електрогенератором, водяним насосом, повітряним компресором на борту і т.п.), які можуть перебувати в експлуатації одночасно, нарізно і з деяким перекриттям часу роботи один одного.

По-третє, сама ТЕУ, без урахування наявності в її складі ПДВЗ і агрегатів його систем, винесених за межі підкапотного простору, також є джерелами екологічної й техногенної небезпеки і повинні якісно й кількісно характеризуватися своїми власними факторами, критерії для оцінювання яких також потребують розробки або доопрацювання.

По-четверте, в деяких ТЕУ наявний ПДВЗ, що не є основним або головним джерелом механічної енергії, або ж виробляє таку енергію переривчасто (наприклад, гібридні автомобілі); при цьому модель його експлуатації принципово відрізняється від традиційних як за структурою, так і за параметрами окремих режимів роботи ПДВЗ.

У зв'язку з вищевикладеним особливо слід відзначити, що розроблюваний критерій $\Omega_{СУЕБ}$ у пропонованій постановці займає таке ієрархічне місце у структурі ЖЦ та складі ЕУ: по-перше, характеризує лише II блок ЖЦ ТЕУ з ПДВЗ «експлуатація»; по-друге, характеризує ЕБ тільки частини ТЕУ, а саме ПДВЗ і агрегатів систем, які його обслуговують, що відображено на рис. 3.

На рис. 3 наявні такі позначення: індексами I, II і III позначено критерій $\Omega_{СУЕБ}$ для Блоку I, Блоку II і Блоку III ЖЦ відповідно, а індексами ДЕ і СЕ – критерій $\Omega_{СУЕБ}$ для джерел енергії ТЕУ (наприклад, ПДВЗ і агрегатів його систем, винесених по межі підкапотного простору) та її споживачів енергії (всі виконавчі органи ТЕУ, деталі її остова, контрольно-вимірювального обладнання і т.п.) відповідно.

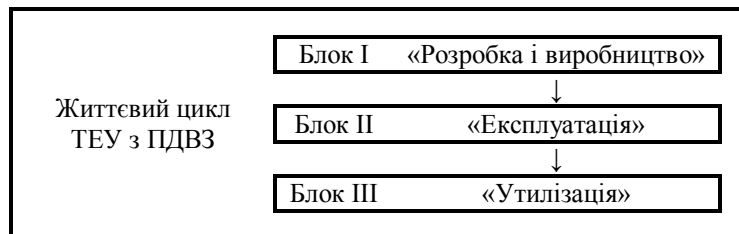


Рис. 2. Поділ життєвого циклу ТЕУ з ПДВЗ на блоки, придатні до використання у процесі розробки СУЕБ

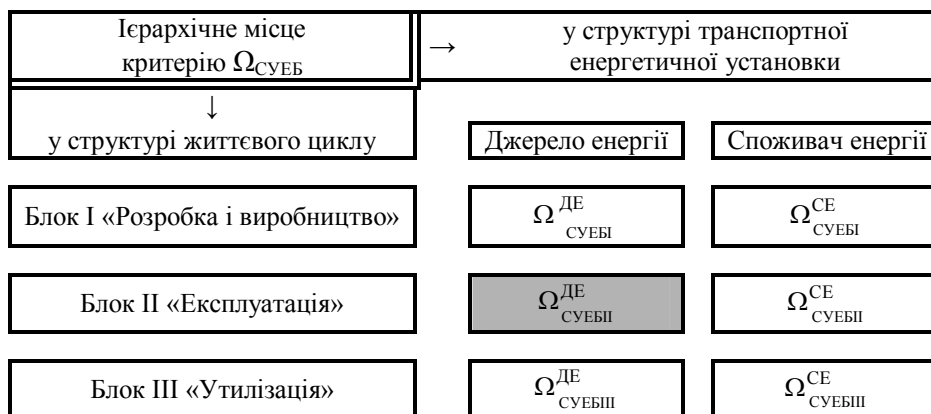


Рис. 3. Ієрархічне місце розроблюваного критерію $\Omega_{СУЕБ}$

Тому для СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ критерій ефективності її функціонування $\Omega_{СУЕБ}$ можна виразити такою формулою

$$\Omega_{СУЕБ}^{ДЕ} = f \left(\sum_{j=1}^m \Omega_{СУЕБ}^{ДЕ}; \sum_{k=1}^n \Omega_{СУЕБ}^{СЕ} \right), \quad (4)$$

де f – деяка математична функція, що пов'язує складові критерію $\Omega_{СУЕБ}$; j і m – но-

мер і кількість джерел енергії у складі ТЕУ; k і n – номер і кількість споживачів енергії у складі ТЕУ.

Підбиваючи загальний підсумок вищеописаним міркуванням, структуру алгоритму оцінювання ефективності функціонування досліджуваної СУЕБ і його місце у структурі самої СУЕБ наведено на рис. 4.



Рис. 4. Алгоритм оцінювання ефективності функціонування СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ

Як вказано вище, у дослідженні [4] висунуто і логічно обґрунтовано гіпотезу про те, що вартісні еквіваленти складових критерію для комплексного еколого-економічного оцінювання слід виражати в одиницях вільноконвертованої світової резервної валюти, історія якої повністю охоплює історію існування ПДВЗ, а саме – в доларах США. Так, для випадку застосування для такого оцінювання комплексного паливно-екологічного критерію проф. І.В. Парсаданова $K_{ПЕ}$, що виражається формулою (5) з [5], це дає можливість безпосереднього порівняння таких величин:

- грошових витрат на паливо Z_f ;
- відшкодування екологічної шкоди від дії факторів екологічної небезпеки на зовнішнє навколишнє середовище Z_e ;

– сумарних паливно-екологічних Z_{fe} для об'єктів, що випущені чи перебували в експлуатації у різні періоди часу.

Результати такого розрахункового оцінювання наведено на рис. 5–7.

Комплексний паливно-екологічний критерій проф. І.В. Парсаданова виражається такою формулою [5]

$$K_{ПЕ} = \eta_{e,cp,e} \cdot (1 - \beta) = \eta_{e,cp,e} \cdot \left(1 - Z_e / Z_{fe} \right) = \eta_{e,cp,e} \cdot \left(1 - Z_e / (Z_e + Z_f) \right), \quad (5)$$

де $\eta_{e,cp,e}$ – середньоексплуатаційне значення ефективного ККД дизеля; β – коефіцієнт від-

носних екологічних витрат; WF – ваговий фактор i -го представницького режиму роботи дизеля у моделі його експлуатації.

У цьому дослідженні наведено результати розрахунку величини критерію $K_{ПЕ}$ і його окремих складових для автотракторного дизеля 2Ч10,5/12 за 13-режимним стандартизованим стаціонарним випробувальним циклом.

Розрахунково досліджено такі випадки вираження вартості одиниці ваги дизельного палива $\Pi_{П}$:

- $\Pi_{П} = 1,81$ UAH/kg (значення на момент публікації монографії [5] – 2003 р.);
- $\Pi_{П} = 23,53$ UAH/kg (сучасне значення);
- $\Pi_{П} = 0,871$ \$/kg (сучасне значення).

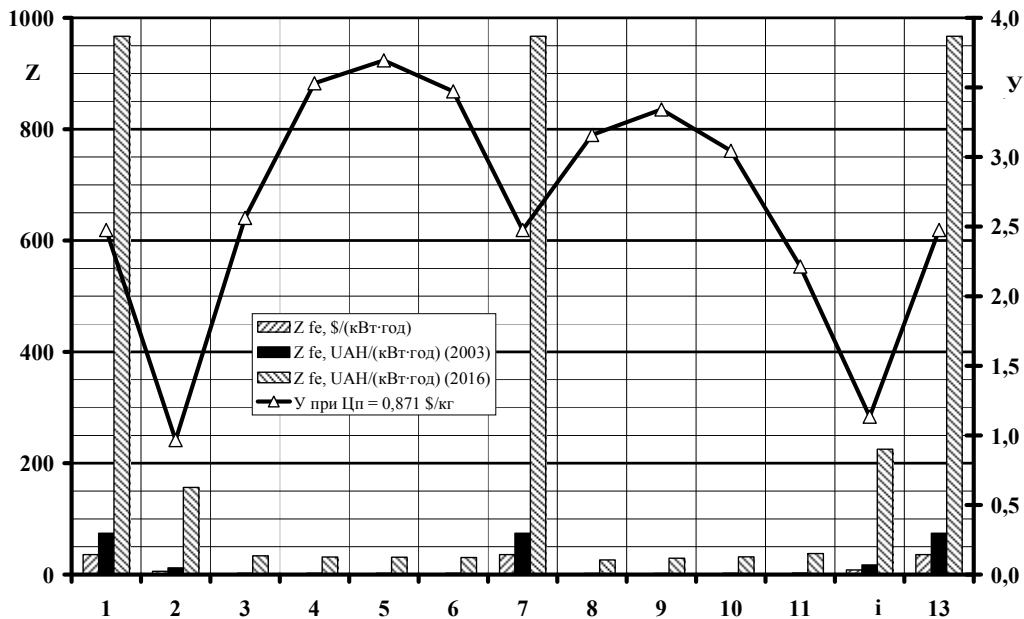


Рис. 5. Результати розрахункового оцінювання значень вартісних еквівалентів сумарних паливно-екологічних витрат як складових комплексного паливно-екологічного критерію $K_{ПЕ}$

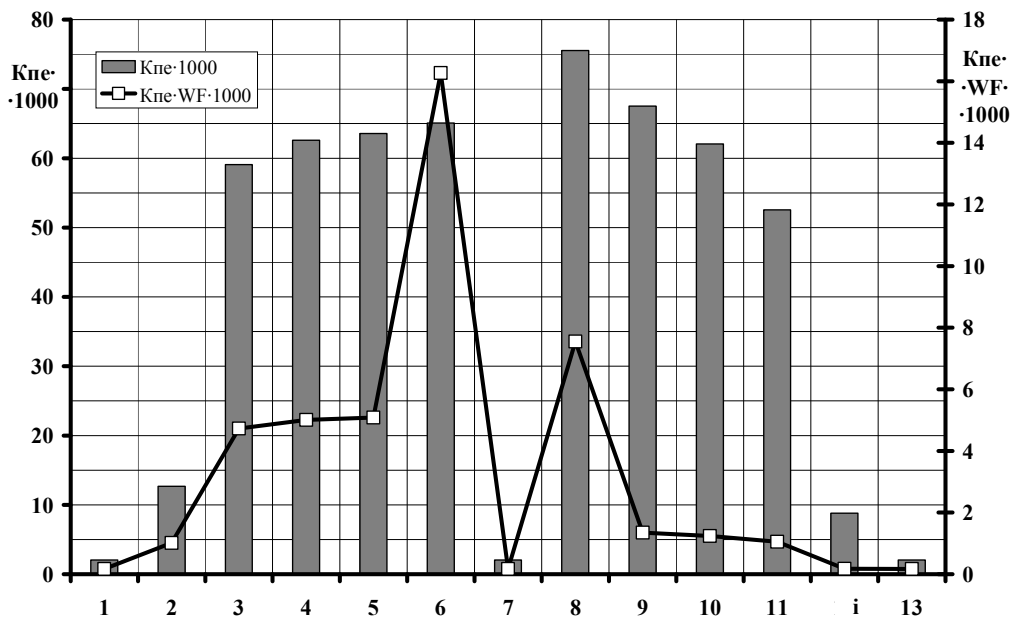


Рис. 6. Результати розрахункового оцінювання значення комплексного паливно-екологічного критерію $K_{ПЕ}$ для дизеля 2Ч10,5/12 за 13-режимним випробувальним циклом

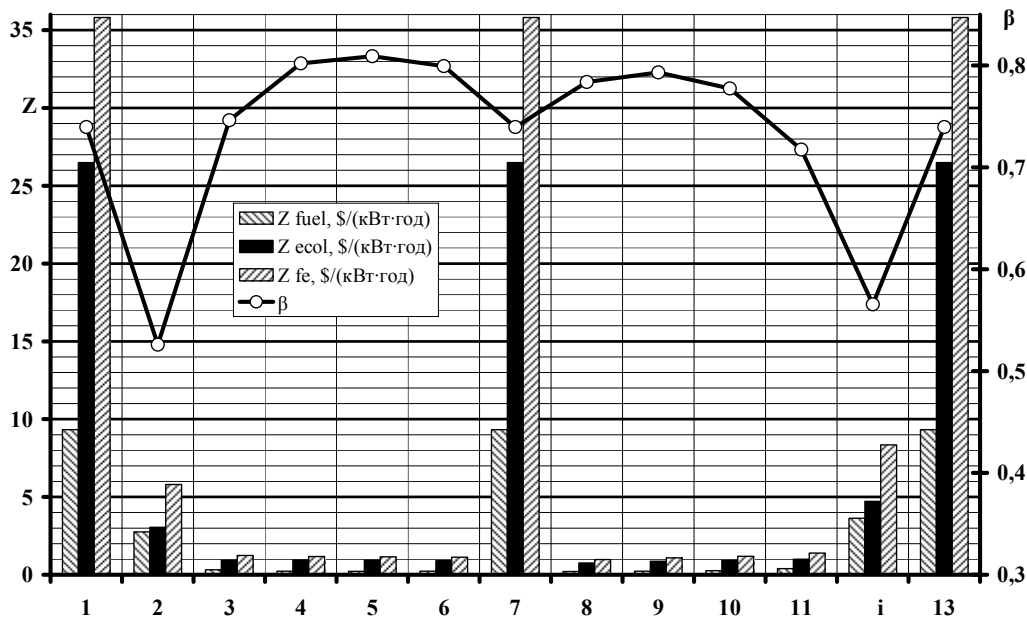


Рис. 7. Результати розрахункового оцінювання значення складових комплексного паливно-екологічного критерію K_{PE} для дизеля 2C10,5/12 за 13-режимним циклом

З наведеного на рис. 5 випливає, що різниця у значеннях вартісних еквівалентів цих величин, виражених у вищеобраних грошових одиницях (\$ та UAH), може сягати порядку для сучасного їх співвідношення і наближатися до двох порядків при порівнянні їх значень для 2003 і 2016 років через нестабільність їх курсу одне відносно одного, викликану зовнішніми і внутрішніми економічними та політичними чинниками, а також явищем інфляції, і має бути врахованою.

Крім того, з наведеного на рис. 6 видно, що співвідношення між величинами Z_f , Z_e та Z_{fe} не є постійним у режимах випробувального циклу.

Висновки

Таким чином, розроблені методологічні засади критерію для оцінки ефективності функціонування СУЕБ процесу експлуатації ТЕУ з ПДВЗ, що дорівнює різниці величин комплексу техніко-економічних і екологічних показників базового і модернізованого варіантів таких об'єктів, є завершальним у структурі СУЕБ, замикає її зворотним зв'язком шляхом застосування моніторингу показників ЕБ і контролю ефективності роботи самої СУЕБ. Визначено ієрархічне місце такого критерію у структурі СУЕБ, самої ТЕУ та її життєвого циклу. Підтверджено результатами розрахункового дослідження гіпотезу про необхідність вираження вартісних еквівален-

тів складових комплексного паливно-екологічного критерію в одиницях вільноконвертованої світової резервної валюти.

Література

1. Сучасні способи підвищення екологічної безпеки експлуатації енергетичних установок: монографія / С.О. Вамболь, О.П. Строков, В.В. Вамболь, О.М. Кондратенко. – Х.: Стиль-Издат, 2015. – 212 с.
2. Вамболь С.А. Методологический подход к построению системы управления экологической безопасностью эксплуатации энергетических установок / С.А. Вамболь, А.П. Строков, В.В. Вамболь, А.Н. Кондратенко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2015. – № 1. – С. 48–52.
3. Кондратенко А.Н. Функции системы управления экологической безопасностью эксплуатации энергетических установок / А.Н. Кондратенко, С.А. Вамболь, В.В. Вамболь // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2015. – Вып. 69. – С. 95–100.
4. Кондратенко А.Н. Концепция оценки эффективности управления экологической безопасностью процесса эксплуатации энергетических установок с поршневым ДВС / А.Н. Кондратенко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2016. – № 2. – С. 68–72.

5. Парсаданов І.В. Підвищення якості і конкурентоспроможності дизелів на основі комплексного паливно-екологічного критерію: монографія / І.В. Парсаданов. – Х.: Центр НТУ «ХП», 2003. – 244 с.
6. Кондратенко А.Н. Снижение выброса твердых частиц транспортных дизелей, находящихся в эксплуатации: дис. канд техн. наук: 05.05.03 / Александр Николаевич Кондратенко. – Х., 2013. – 288 с.
7. Матвеева Т.Ю. Введение в макроэкономику / Т.Ю. Матвеева. – М.: Изд. дом ГУ-ВШЭ, 2004. – 512 с.
8. Кондратенко А.Н. Математическая модель гидравлического сопротивления фильтра твердых частиц дизеля. Часть 1: настроечный коэффициент / А.Н. Кондратенко // Вісник Національного технічного університету «ХП»: зб. наук. пр. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – 2014. – № 18(1061). – С. 68–80.
9. Кондратенко О.М. Математична модель ефективності роботи фільтра твердих частинок дизеля / О.М. Кондратенко, О.П. Строков, С.О. Вамболь, А.М. Авраменко // Науковий вісник НГУ. – 2015. – № 6 (150). – С. 55–61.
10. Кондратенко О.М. Оцінка впливу гідравлічного опору ФТЧ на паливну економічність дизеля / О.М. Кондратенко, О.П. Строков, С.О. Вамболь // Вісник Національного технічного університету «ХП»: зб. наук. пр. Серія: Транспортне машинобудування. – 2014. – № 14 (1057). – С. 57–66.
11. Дейнеко Н.В. Гібридний пристрій для забезпечення енергоефективності використання сонячного випромінювання / Н.В. Дейнеко, Я.О. Сичікова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXIV Міжнародної науково-практичної конференції MICROCAD, Ч. II (18–20 травня 2016 р., Харків, НТУ «ХП»). – 2016. – С. 14.
12. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
13. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1985. – 328 с.
14. Harrington E.C. The Desirability Function / E.C. Harrington // Industrial Quality Control. – 1965. – № 21(10). – P. 494–498.
15. Пичкалев А.В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств / А.В. Пичкалев // Исследования наукограда. – 2012. – № 1. – С. 25–28.

References

1. Vambol S.O., Strokov O.P., Vambol V.V., Kondratenko O.M. *Suchasni sposoby pidvyshchenn'a ekologichnoi' bezpeky ekspluatacii energetychnykh ustanovok: Monografija* [Modern methods for improving the ecological safety of power plants exploitation: monograph], Kharkiv, Styl-Izdat Publ., 2015, 212 p.
2. Vambol S.O., Strokov O.P., Vambol V.V., Kondratenko O.M. *Metodologicheskij podhod k postroeniju sistemy upravlenija ekologicheskoy bezopasnost'ju ekspluatacii energeticheskikh ustanovok* [Methodological approach to development of management system of ecological safety of exploitation of power plants], Internal Combustion Engines. 2015, no. 1, pp. 48–52.
3. Kondratenko O.M., Vambol S.O., Vambol V.V. *Funkcyi sistemy upravlenija ekologicheskoy bezopasnost'ju ekspluatacyi energeticheskikh ustanovok* [Functions of management system of ecological safety of power plants exploitation], Bulletin of KhNAHU, 2015, Vol. 69, pp. 95–100.
4. Kondratenko O.M. *Koncepcyja ocnki efektyvnosti upravlenija ekologicheskoy bezopasnost'ju processa ekspluatacyi energetychnykh ustanovok s porshnevym DVS* [Effectiveness evaluation concept of ecological safety management of power plants with piston ICE exploitation process]. Internal Combustion Engines, 2016, no. 2, pp. 68–72.
5. Parsadanov I.V. *Pidvyshhennja jakosti i konkurentospromozhnosti dyzeliv na osnovi kompleksnogo palyvno-ekologichnogo kryteriju: monografija* [Improving the quality and competitiveness of diesel fuel in an integrated and ecological criteria: monograph], Kharkiv, NTU «KhPI» Publ., 2003, 244 p.
6. Kondratenko O.M. *Snizhenie vybroso tverdyh chastic transportnyh dizelej, nahodjashhysja v jekspluatacii: dys... kand. tehn. nauk: 05.05.03* [Reduction of emi-

- sions of the particulate matter of vehicle diesel engines under operating conditions]. 2013, 288 p.
7. Matveeva T.Ju. *Vvedenye v makroekonomiku* [Introduction to macroeconomics], Moscow, GU-VShE Publ., 2004, 512 p.
 8. Kondratenko O.M. *Matematicheskaja model' gidravlicheskogo soprotivlenija fil'tra tverdyh chastic dizelja. Chast' I: nastroechnyj koefficient* [Mathematical model of the hydraulic resistance of the diesel particulate matter filter. Part 1: adjusting coefficient], Herald of NTU «KhPI». Series: Mathematical modeling in engineering and technology, 2014. no. 18 (1061), pp. 68–80.
 9. Kondratenko O.M., Stokov O.P., Vambol S.O., Avramenko A.M. *Matematychna model' efektyvnosti roboty fil'tra tverdyh chastynek dyzelja* [Mathematical model of efficiency of diesel particulate matter filter]. Scientific Bulletin of NMU, 2015, Vol. 6 (150), pp. 55–61.
 10. Kondratenko O.M., Stokov O.P., Vambol S.O. *Ocinka vplyvu gidravlichnogo oporu FTCh na palyvnu ekonomichnist' dyzelja* [Estimation of influence of hydraulic resistance of DPF on the fuel efficiency of diesel engine]. Herald of NTU «KhPI». Series: Transport Machine building, 2014, Vol. 14 (1057), pp. 57–66.
 11. Deyneko N.V., Sychikova Ja.O. *Gibrydnyj prystrij dlja zabezpečennja energoefektyvnosti vykorystannja sonjachnogo vyrominennja* [Hybrid device for ensuring of using solar energy efficiency], Materials of XXIV International scientific and practical conference MICROCAD «Information technology, science, engineering, technology, education, health», Part 2 (18–20 may 2016, Kharkiv, NTU «KhPI»), 2016, p. 14.
 12. Adler Ju.P., Markova E.V., Granovskij Ju.V. *Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij* [Planning experiment in the search for optimal conditions], Moscow, Nauka Publ., 1976, 279 p.
 13. Akhnazarova S.L., Kafarov V.V. *Metody optimizacii eksperimenta v himicheskij tehnologii* [Methods of experiment optimization in Chemical Technology], Moscow, Vysshaja shkola Publ., 1985, 328 p.
 14. Harrington E.C. The Desirability Function, Industrial Quality Control, 1965, № 21 (10), P. 494–498.
 15. Pichkalev A.V. *Obobshhennaja funkcija zhelatel'nosti Harringtona dlja sravnitel'nogo analiza tehniceskij sredstv* [Generalized Harrington desirability function for comparative analysis of technical equipment]. Issledovanija Naukograda, 2012, no. 1, pp. 25–28.
- Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.
-