

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**



*VIII Міжнародна науково-практична конференція*

**«ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ,  
МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ:  
ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ВЕКТОР»**

11 – 12 жовтня 2018 р.

**Одеса 2018**

УДК 389:621:531:006.07:53.08:539.4  
ББК 30  
Т 38

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради  
Одеської державної академії технічного регулювання та якості (ОДАТРЯ)  
Міністерства освіти і науки України від 27.09.2018 р., протокол № 2.*

Головний редактор:

*Л. В. Коломієць*, доктор технічних наук, професор, ректор ОДАТРЯ

Відповідальний за випуск:

*Г. Д. Братченко*, доктор технічних наук, професор.

Матеріали подані в авторській редакції.  
За зміст публікації несе відповідальність автор.

**Т 38 Технічне регулювання, метрологія та інформаційні технології: європейський вектор:** матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 11-12 жовтня 2018 р.) / ред. Л. В. Коломієць, Г. Д. Братченко, В. Д. Постоварова; Одеська державна академія технічного регулювання та якості. – Одеса, Бондаренко М. О., 2018. – 206 с.

**ISBN 978-617-7424-73-3**

У збірнику представлено матеріали конференції, присвяченої проблемам технічного регулювання та якості, стандартизації та споживчої політики, метрології та метрологічного забезпечення, розробки інформаційно-вимірювальних систем та приладобудування.

Розраховано на викладачів, аспірантів, наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення та дослідження цих проблем.

**УДК 389:621:531:006.07:53.08:539.4  
ББК 30**

**ISBN 978-617-7424-73-3**

© Одеська державна академія технічного регулювання та якості, 2018 р.

## ЗМІСТ

АКАДЕМИК НАН УКРАЇНИ А. А. ЛЕБЕДЕВ Рудаков К. Н., д.т.н.; Лебедева А. А., к.т.н. ....	10
<b>СЕКЦІЯ 1 ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ</b>	19
ВИБІР МОДУЛІВ ПІД ЧАС ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ПРОДУКЦІЇ ВИМОГАМ ТЕХНІЧНИХ РЕГЛАМЕНТІВ Букрєєва О.С., к.т.н. ....	20
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ ГАЗОТУРБІННОГО НАДДУВУ Ярошенко В.М., к.т.н. ....	23
ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ВИМОГ ДО КОМПЕТЕНТНОСТІ ЛАБОРАТОРІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУВАННЯ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO/IEC 17025:2017 Новіков В.М., д.ф.-м.н.; Никитюк О.А., д.с.-г.н. ....	26
QUALITY OF BICYCLE LANES Solonenko I., PhD; Leonova A. ....	31
СУЧАСНИЙ СТАН РИНКУ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СПЕЦОДЯГУ Мартиросян І.А.; Пахолук О.В., к.т.н.; Кузнецова Л.В. ....	34
СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТУ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ В СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ Сичов М.І., к.х.н.; Меленчук Т.М., д.т.н.; Єлдашев Б.Т.; Жиленков В.А. ....	39
ОГЛЯД ВПРОВАДЖЕННЯ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА Шпат О.С.; Крижановська Г.О., к.т.н. ....	43
ОЦІНКА ВПЛИВУ РИЗИК-ДОМІНУЮЧОГО ФАКТОРУ НА ОРГАНІЗАЦІЙНУ ЗРІЛІСТЬ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ Лазько І.В., к.т.н. ....	46
<b>СЕКЦІЯ 2 МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ, НАНОВИМІРЮВАННЯ</b>	50
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИСКОРЕННЯ ЯК ВИМІРЮВАНОЇ ВЕЛИЧИНИ Рудик А.В., к.т.н.; Рудик В.А.; Матей М.І. ....	51

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ ГАЗОТУРБІННОГО НАДДУВУ

Ярошенко В.М.<sup>1</sup>

1 – к.т.н., доцент, доцент кафедри компресорів та пневмоагрегатів, Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна (valeryi@ukr.net)

**Анотація** – приводяться методологія та результати ексергетичного аналізу системи газотурбінного наддуву двигунів внутрішнього згорання, що дозволяє підвищити надійність та експлуатаційну стійкість суднових енергетичних установок.

**Ключові слова** – газотурбінний наддув, ефективність, вихідні гази, ексергія, турбіна, турбокомпресор.

## INCREASING THE RELIABILITY AND OPERATIONAL SUSTAINABILITY OF THE GAS TURBOCHARGING SYSTEM

Yaroshenko V.M.<sup>1</sup>

1 – PhD, associate professor, associate professor department of compressors and pneumatic aggregates, Odesa National Academy of Food Technologies, Odesa, Ukraine

**Abstract** – the methodology and results of the exergy analysis of the gas turbocharging system of internal combustion engines are presented, which allows increasing the reliability and operational stability of marine power plants

**Keywords** – gas turbocharging system, efficiency, output gases, exergy, turbine, turbocharger

Техніко-економічна ефективність процесів перетворення теплової енергії палива в двигунах внутрішнього згорання суднових енергетичних установках (СЕУ) суттєво залежить від термодинамічного рівня процесів, які відбуваються в елементах (технічному обладнанні) установок. Техніко-економічна ефективність енергетичних перетворень при змінних (не розрахункових) режимах роботи СЕУ, в першу чергу обумовлюється надійністю та стійкістю експлуатаційних режимів систем газотурбінного наддуву двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Підвищення надійності роботи та термодинамічної ефективності суднових енергетичних установок досягається у тому числі за рахунок утилізації робото-спроможності (ексергії) вихідних газів, яка, як відомо, має три складові: термічну, яка базується на різниці температур, механічну, яка базується на різниці тисків вихідних газів та кінетичну, яка обумовлена швидкістю потоку.

Температурні потенціали вихідних газів при цьому для сучасних ДВЗ лежать в межах 800-1000 К, а тиск 0,7-1,0 МПа, що являється суттєвим потенціалом для підвищення ефективності роботи ДВЗ.

Одним із засобів утилізації енергії вихідних газів є системи газодинамічного (газотурбінного) наддуву, які наряду з енергетичною доцільністю, суттєво підвищують потужність ДВЗ.

Для термодинамічного аналізу системи газодинамічного наддуву більш доцільно використовувати метод функцій, який базується на ексергетичній функції. Перевагами його, по відношенню до методу циклів, є універсальність та відносна простота, особливо при аналізі розімкнутих систем [2].

Термодинамічна ефективність процесів (рівень термодинамічної досконалості) при цьому розраховується як відношення ексергії потоків енергії на ви-

ході ( $Ex_{\text{вих}}$ ) із установки до ексергії потоків на вході ( $Ex_{\text{вх}}$ ). Цей коефіцієнт показує рівень необоротності реальних процесів та відображає втрати ексергії, що відповідають кількості деградованої енергії, яка надходить до зовнішнього середовища в виді теплового потоку.

Різниця між  $Ex_{\text{вх}}$  та  $Ex_{\text{вих}}$  відповідає втратам ексергії в елементах (процесах) установки (системи), та розраховується, як відомо, за рівнянням Гюї-Стодола

$$\Delta Ex = \sum_{i=1}^{i=n} T_3 \cdot \Delta S_i,$$

де:  $\Delta S_i$  – зростання ентропії системи в окремому  $i$ -реальному процесі, кДж/кг К;

$n$  – кількість складових елементів установки в яких мають місце енергетичні перетворювання;

$T_3$  – абсолютна температура зовнішнього середовища, К.

Ексергетичний метод застосовувався нами для аналізу термомеханічних перетворень в судновій енергетичній установці з ефективною потужністю 10000 кВт при тиску наддувного повітря 3,5 Бар та температурі 318 К. Температура зовнішнього середовища фіксувалась на рівні 303 К при нормальному атмосферному тиску. Вологість повітря в силу незначного впливу при цьому не враховувалась

Масова витрата газу через турбіну та масова витрата повітря через турбокомпресор розраховується в залежності від механічної потужності ДВЗ, питомої витрати палива, теоретично необхідного повітря для спалювання палива, коефіцієнта надлишкового повітря та коефіцієнту продувального повітря [1] і складає для турбіни  $G_T = 34,9$  кг/с, що відповідає потужності турбіни  $N_T = 9305,4$  кВт та турбокомпресору компресору наддуву  $G_K = 20,26$  кг/с, що відповідає потужності компресору  $N_K = 4866,75$  кВт

Так як тиск наддувного повітря перевищує  $2 \text{ кг/см}^2$ , то, відповідно до рекомендацій [1], усі розрахунки базуються на балансі потужностей турбокомпресору ( $N_K$ ) та газової турбіни ( $N_T$ ).

$$N_K = N_T \cdot \eta_M$$

або

$$G_T \cdot l_T \cdot \eta_T \cdot \eta_M = \frac{G_K l_K}{\eta_K},$$

де:

$\eta_T$  – політропний коефіцієнт корисної дії турбіни,

$l_T$  – питома робота політропного розширення, кДж/кг

$\eta_M$  – механічний коефіцієнт корисної дії

$l_T$  – питома робота політропного стиснення

$\eta_K$  – політропний коефіцієнт корисної дії компресору.

Масова витрата газу, розрахована із балансового рівняння потужностей, складає для турбіни  $G_T^1 = 17,52$  кг/с, що перевищує витрату газу  $G_T = 34,9$  кг/с за розрахунком індикаторного процесу ДВЗ.

Тому частину газу після ДВЗ  $G_p = 17,38$  кг/с необхідно подавати до інших утилізаційних систем, в якості яких можуть застосовуватись утилізаційні паротурбінні установки, утилізаційні нагрівачі води та парогенератори або тепловикористовуючі абсорбційні холодильні машини.

Діаграма потоків ексергії системи газотурбінного наддуву показана на рис. 1.

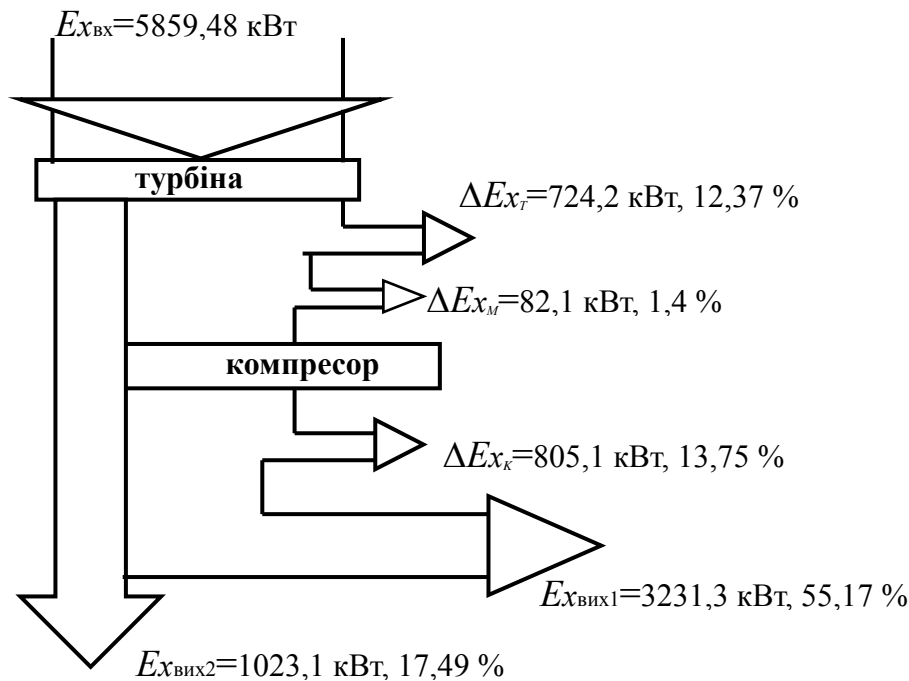


Рисунок 1 – Діаграма ексергетичних потоків

В якості вихідної ексергії  $E_{x_{вих}}$  розглядається ексергія стиснутого повітря  $E_{x_{вих1}}$  та ексергія вихідних газів після турбіни  $E_{x_{вих2}}$ . Втрати ексергії при розширенні газу в турбіні  $\Delta E_{x_T}$  складають 12,37%, в компресорі  $\Delta E_{x_K}$  – 13,75%, а механічні втрати  $\Delta E_{x_M}$  – 1,4% по відношенню до вхідної ексергії.

На основі виконаного аналізу фіксуються найбільш неефективні з термодинамічної точки зору процеси та визначаються заходи, які необхідно застосувати першочергово для підвищення енергетичної ефективності установки.

#### ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] Возницкий И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания, Том 2/ И.В. Возницкий, А.С. Пунда – М.: МОРКНИГА, 2008. – 480 с.
- [2] Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский – М.: Энергия, 1973. – 296 с.