

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИКЛОНА БАТАРЕЙНОГО ТИПУ
ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

О. С. Рижков, канд. техн. наук;
Р. С. Рижков, асп.;
Ю. В. Качанова, магістр

Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Анотація. Розглянуто питання використання новітнього підходу до розрахунку коефіцієнта гідродинамічної ефективності для вдосконалення циклона батарейного типу, що використовується в енергетичних установках суден з динамічним принципом підтримки.

Ключові слова: гідродинаміка, теоретичні розрахунки, забруднений потік газу, дисперсна фаза, батарейний циклон, судна з динамічним принципом підтримки.

Аннотация. Рассмотрен вопрос использования новейшего подхода к расчету коэффициента гидродинамической эффективности для совершенствования циклона батарейного типа, который используется в энергетических установках судов с динамическим принципом поддержки.

Ключевые слова: гидродинамика, теоретические расчеты, загрязненный поток газа, дисперсная фаза, батарейный циклон, суда с динамическим принципом поддержки.

Abstract. The issue of the use of the latest approach for the calculation of the hydrodynamic efficiency coefficient is considered for upgrading of the battery type cyclone which is used in the marine power plants of the ships with the dynamic principle of support.

Keywords: hydrodynamics, theoretical calculations, polluted exhausts, dispersible phase, battery cyclone, ships with the dynamic principle of support.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Транспорт є однією з ключових галузей національної економіки України, поєднуючи в собі торговельно-промислові, комунікативні, рекреаційні та інші функції та роблячи істотний вплив на всі сфери соціально-економічної діяльності в державі. Традиційно велике значення для України має морський та річковий транспорт, який представлений суднами державних, акціонерних і приватних судноплавних компаній, береговими підприємствами, у тому числі морськими, річковими портами, судноремонтними заводами, суднобудівними верфями, розташованими на узбережжі Чорного, Азовського морів, річок Дунай, Дніпро і Південний Буг.

Як і будь-яка діяльність людини, транспорт негативно впливає на навколишнє природне середовище (моря, річки, повітря і т. д.).

Нове тисячоліття ставить перед промислово розвиненими країнами світу й Україною питання про створення екологічно чистих енергетичних установок (ЕУ) в розряд найбільш актуальних проблем. Це викликано тим, що стаціонарні і транспортні ЕУ є одним з основних джерел забруднення атмосфери.

Газові викиди енергетичних установок різні за походженням, складом і параметрами. Ряд викидів містить дорогі матеріали, має високо- і низькопотенціальну енергію. Високопотенціальну енергію використовують при роботі котлів-утилізаторів. Підвищення якості очищення дозволяє не тільки зменшити забруднення навколишнього середовища, а й знизити

споживання палива утилізацією низькопотенціальної енергії з газових викидів, скоротити втрати цінних матеріалів. Перспективним є створення таких газоочисних пристроїв, в яких енергопотенціал газових викидів використовується для процесів очищення.

Циклони батарейного типу використовуються для очищення повітря, що подається в ГТД суден з динамічним принципом підтримки (судна на повітряній подушці, судна на підводних крилах), у приміщеннях портових підприємств. Підвищення ефективності газоочисників є суттєвою задачею, розв'язання якої дозволить знизити навантаження на атмосферу під час експлуатації цих суден.

**АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ
І ПУБЛІКАЦІЙ**

Рух потоків у реальних газоочисниках, де мають місце значні градієнти швидкостей і концентрацій в поздовжньому та поперечному напрямках, описується еліптичними диференціальними рівняннями, які розв'язуються скінченнорізницею методами. Моделі, розроблені Сполдінгом, дозволяють виконувати розрахунки високотурбулентних потоків [11]. Широко відомі роботи Інституту технічної теплофізики Національної академії наук України, Центрального котлотурбінного інституту ім. І.І. Ползунова (Росія), Інституту тепломасообміну АН Білорусі, Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова [1, 3, 5–9, 11] та ін. Для практичних застосувань найбільш ефективними вважають методи,

що ґрунтуються на усереднюванні системи рівнянь у частинних похідних, які описують універсальні закони збереження маси, енергії, імпульсу в турбулентній системі [11]. Ця система має бути доповнена рівняннями стану і зв'язку параметрів, а також початковими і граничними умовами. Найбільший прорив у цьому напрямі відбувся у зв'язку з розробкою сучасних пакетів прикладних програм типу FLUENT [10], які дозволили числовим методом розв'язувати складні практичні завдання газодинаміки аерозольних середовищ.

МЕТА РОБОТИ – використання новітнього підходу до розрахунку коефіцієнта гідродинамічної ефективності для вдосконалення циклона батарейного типу, що використовується в ЕУ суден з динамічним принципом підтримки.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Результати досліджень. Метод розрахунку газодинамічних характеристик газоочисних пристроїв передбачає послідовну процедуру числової інтеграції рівнянь, що моделюють як газоподібні в'язкі потоки, так і течію струменів рідини. На першому етапі визначаються газодинамічні характеристики газоподібної фази з урахуванням турбулентності потоків, на другому – джерельні члени, що моделюють взаємний вплив рідкої і газоподібної фаз, а також транспортні характеристики дисперсної фази і розподіл швидкостей та траєкторій усередині розрахункової області. Такі розрахунки проводять послідовно до досягнення збіжності всіх параметрів у часі і просторі. У роботі пропонується математична модель для розрахунку газодинамічних характеристик потоку в проточній частині циклона на основі загальнотранспортного рівняння перенесення змінної

величини, аналогічна моделі турбофорезного перенесення частинок [2].

Результати розрахунків. Для числового розв'язання диференціальних рівнянь системи використаний метод центральної інтеграції (Nodal Point Integration) і пакет застосовної програми FLUENT [2], що полягає в часовій і просторовій дискретизації кожного контрольованого об'єму (елемента) фізичної області. Це приводить до автоматичного задоволення рівнянь збереження і перенесення імпульсу, теплоти та маси всередині всіх різницевих елементів і всієї області потоку. Джерельні члени в рівняннях апроксимовані з використанням модифікованого методу Ньютона–Рапсона (Newton–Raphson Method) [2, 11]. При теоретичному дослідженні процесів використана рівномірна двовимірна різницева сітка 130×40 в декартовій системі координат (крок зміни по осях x та y відповідно рівний 0,15 і 0,05 мм).

Початковими і граничними умовами для створення розрахункових сіток є геометричні розміри проточної частини установки на основі її масштабного моделювання. Розмір сітки складав $0,2 \times 0,5$ м, і вона будувалася з трикутних сегментів, які мали середню площу $S = 0,765$ м².

Передбачалося, що профіль осьової швидкості в обох вхідних патрубках рівномірно розподіляється (швидкість $u_{yf} = U$ в розрахунках змінювалась від 1 до 10 м/с, компоненти $u_{yf} = V = 0$, $u_{zf} = 0$, кінетична енергія турбулентності $K = 0,1$ м²/с², ступінь дисипації турбулентної енергії $\epsilon = 1,11$ Дж/(кг·с)).

Для отримання газодинамічних характеристик потоку в батарейному циклоні розроблена розрахункова комплексна сітка (рис. 1). Вона була побудована у відповідності до геометрії існуючого циклона, що має широке застосування.

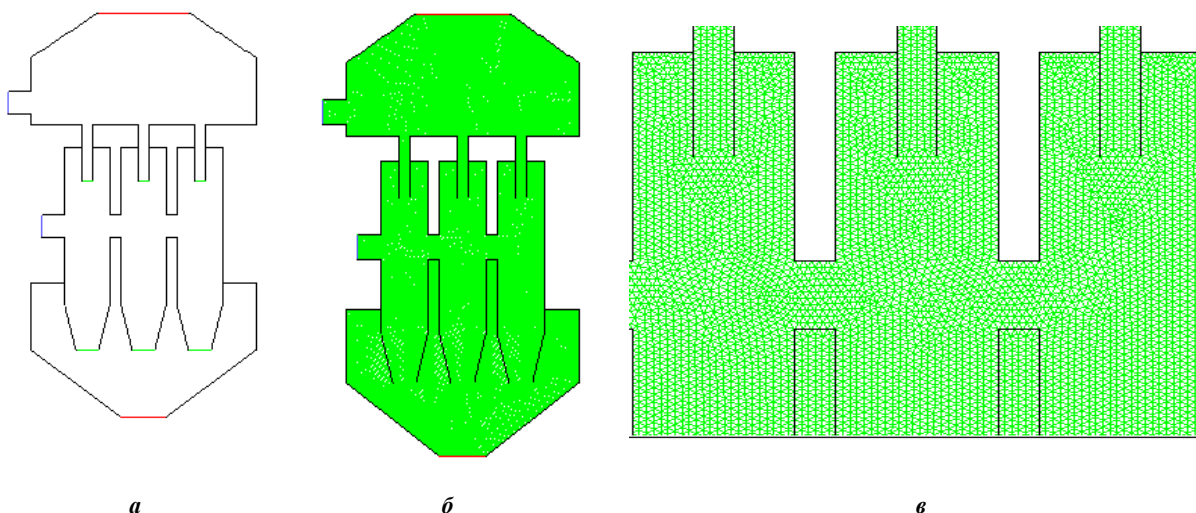


Рис. 1. Розрахункова комплексна сітка батарейного циклона: а – попередня модель; б – готова модель; в – наочне наближення

Розрахунки газодинамічного стану потоку в проточній частині циклона батарейного типу при початковій швидкості верхнього патрубка $V_1 = 4$ м/с та нижнього патрубка $V_2 = 6$ м/с наведені на рис. 2, а-г.

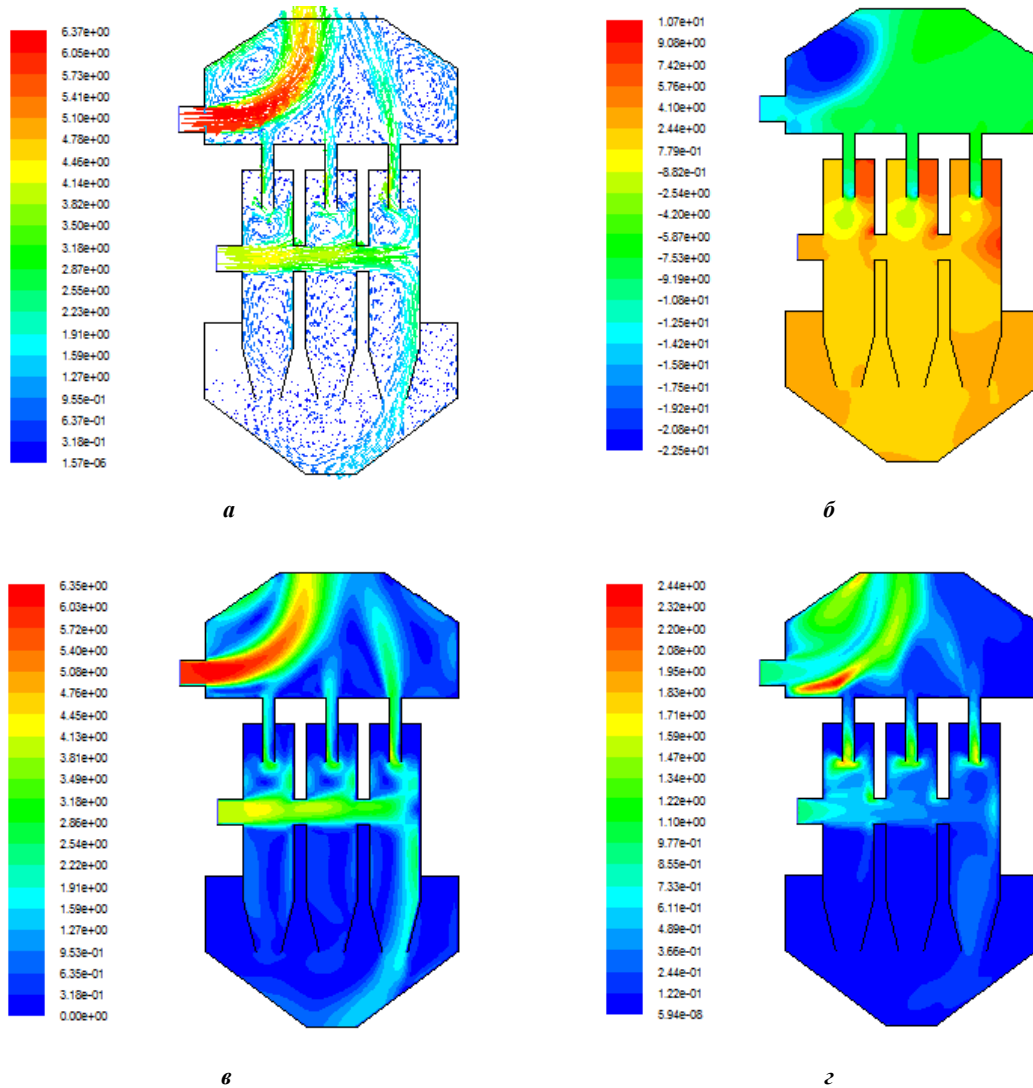


Рис. 2. Результати розрахунку гідродинаміки потоку в проточній частині батарейного циклона у вигляді цифрової гами розподілу векторів швидкості потоку газу (а), статичного тиску (б), швидкості потоку (в) та кінетичної енергії турбулентності (г) при початковій швидкості $V_1 = 4$ та $V_2 = 6$ м/с

Для числового вираження ефективності роботи газоочисників за результатами теоретичних розрахунків застосовується коефіцієнт гідродинамічної ефективності [4], який являє собою відношення гідродинамічно ефективної площі проточної частини до загальної площі проточної частини в перерізах газоочисного обладнання:

$$K_{ге} = S_{кор} / S_{заг} \cdot 100 \%,$$

де $S_{кор}$ – корисна площа перерізу проточної частини газоочисного обладнання, де спостерігаються раціональні величини гідродинамічних характеристик потоку, що забезпечують ефективні значення складових швидкості, ступеня дисипації

турбулентної енергії, кінетичної енергії турбулентності, статичного тиску та ін.; $S_{заг}$ – загальна площа перерізу проточної частини газоочисного обладнання.

При проведенні теоретичних розрахунків за наведеною вище методикою як корисна площа беруться перерізи до границь струминного шару або початку примежового шару. Вважається гідродинамічно ефективним газоочисне обладнання з $K_{ге}$ вище 85 %.

Для досліджуваного випадку (рис. 3) $S_{кор} = 0,896$ м², $S_{заг} = 0,765$ м², звідси

$$K_{ге} = 0,896 / 0,765 \cdot 100 \% = 85,4 \%$$

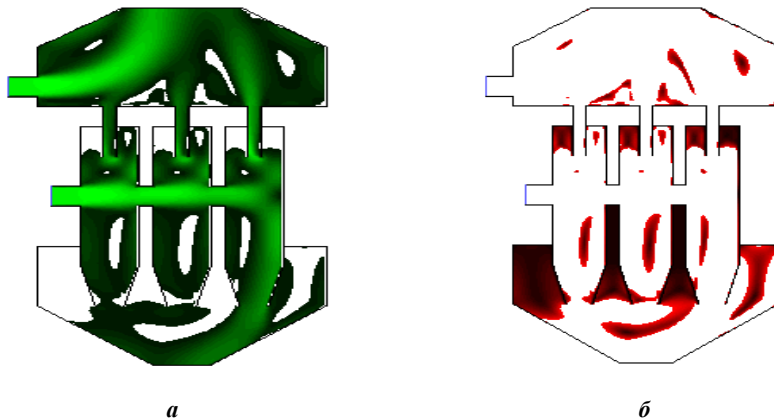


Рис. 3. Розрахунок коефіцієнта гідродинамічної ефективності батарейного циклона: *a* – корисна робоча площа; *б* – невикористана площа

ВИСНОВКИ

1. У ході досліджень розглянуто питання застосування новітнього підходу до розрахунку коефіцієнта гідродинамічної ефективності для вдосконалення

циклона батарейного типу. 2. При досяжності коефіцієнта гідродинамічної ефективності до 80 % можна зробити висновки щодо гідродинамічного вдосконалення обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Защита атмосферы от промышленных загрязнений [Текст] : справочник : в 2 ч. / под ред. С. Калверта и Г. М. Инглунда. – М. : Metallurgiya, 1988.
- [2] Роуч, П. Вычислительная гидродинамика [Текст] : [пер. с англ.] / П. Роуч. – М. : Мир, 1980. – 660 с.
- [3] Рыжков, А. С. Исследование улавливания аэрозоль в неизотермических гидродинамических коагуляторах типа труба Вентури [Текст] / А. С. Рыжков // Промышленная теплотехника : междунар. науч.-прикл. журнал. – К., 2004. – Т. 26, № 6. – С. 65–69.
- [4] Рыжков, А. С. Создание газоочистных устройств с использованием коэффициента гидродинамической эффективности [Текст] / А. С. Рыжков // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2009. – № 5. – С. 116–121.
- [5] Рыжков, А. С. Экспериментальные исследования гидродинамического коагулятора-маслоотделителя [Текст] / А. С. Рыжков // Материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы экологии и энергосбережения в судостроении». – Николаев, 2005. – С. 171–172.
- [6] Рыжков, С. С. Когенерационные технологии по очистке выпускных газов судов [Текст] / С. С. Рыжков, А. С. Рыжков // Тезисы докл. 1-й Междунар. конф. «Когенерация в промышленности и коммунальной энергетике». – К., 2004.
- [7] Рижков, С. С. Методи очищення повітряного середовища від забруднень [Текст] : методичні вказівки / С. С. Рижков, Ю. М. Харитонов, В. В. Благодатний. – Миколаїв : УДМТУ, 2002. – 56 с.
- [8] Рыжков, С. С. Экологические ресурсосберегающие технологии для промышленной теплотехники на основе дисперсных двухфазных сред [Текст] / С. С. Рыжков, Б. И. Басок // Промышленная теплотехника. – 2001. – № 4. – С. 41–96.
- [9] Страус, В. Промышленная очистка газов [Текст] / В. Страус. – М. : Химия, 1981. – 583 с.
- [10] ANSWER. Version 4.00 [Text] : User's Manual / Analytic & Computational Research, Inc., 2000. – 364 p.
- [11] Spalding, D. B. Mathematical Models of Turbulent Flames [Text] : A Review / D. B. Spalding // Combustion Science and Technology. – 1976. – Vol. 13. – P. 3–35.

© О. С. Рижков, Р. С. Рижков, Ю. В. Качанова

Надійшла до редколегії 03.03.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. М. І. Радченко