УДК 621.63.01

А.О. ХРУЦЬКИЙ, канд.техн.наук, доц., Вік.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд.техн.наук, доц.,
М.О. БРЕУС, магістрант
Криворізький національний університет

ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО КОЛЕСА РАДІАЛЬНОГО ВІДЦЕНТРОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Відцентрові вентилятори типу «біляча клітка» широко застосовуються у гірничодобувній, металургійній, хімічній промисловості, енергетиці та системах вентиляції і кондиціювання повітря. Вони забезпечують транспортування значних об'ємів повітря та формування необхідного тиску в технологічних системах. Разом з тим для таких вентиляторів характерні певні недоліки, серед яких відносно низький коефіцієнт корисної дії, недостатній повний тиск та підвищений аеродинамічний шум. Основною причиною цих явищ є складна структура повітряного потоку в міжлопаткових каналах робочого колеса, що супроводжується додатковими енергетичними втратами.

У зв'язку з цим важливим напрямом підвищення ефективності таких машин є оптимізація конструкції робочого колеса, зокрема форми лопатей і геометрії центральної частини. Використання сучасних методів моделювання аеродинамічних процесів дає можливість визначати раціональні параметри елементів вентилятора та покращувати його енергетичні характеристики.

Метою дослідження є покращення режиму роботи відцентрового вентилятора з робочим колесом типу «біляча клітка» шляхом обґрунтування раціональних параметрів лопатей і центральної частини робочого колеса. Об'єктом дослідження є процес роботи відцентрового вентилятора, а предметом – параметри лопатей робочого колеса.

Проведено аналіз аеродинамічних профілів серії NACA з метою вибору оптимальної форми лопатей. Основним критерієм оцінювання було відношення підйомної сили до лобового опору (Cl/Cd), яке характеризує аеродинамічну якість профілю та визначає ефективність перетворення енергії потоку. Аналіз показав, що для застосування у відцентрових вентиляторах найбільш придатними є профілі серій NACA з чотири- та п'ятизначним кодуванням. Серед досліджених варіантів найкращі результати продемонстрував профіль NACA 2412, який забезпечує оптимальне поєднання енергоефективності, стабільності потоку та продуктивності. Встановлено позитивну кореляцію між значенням Cl/Cd та аеродинамічною ефективністю вентилятора, що підтверджує доцільність застосування профільованих лопатей замість традиційних напівкруглих.

Досліджено також вплив форми центральної частини робочого колеса на структуру повітряного потоку. Показано, що нерівномірність швидкісного поля у зоні центрального осердя є однією з основних причин енергетичних втрат. Встановлено, що використання спеціальних вставок у центральній частині колеса дозволяє підвищити продуктивність вентилятора на 3–5 %. Найбільш ефективною виявилась конічна форма втулки, яка забезпечує покращене спрямування потоку та збільшення середньої швидкості на виході. Параболічна втулка також демонструє значне покращення характеристик завдяки плавному повороту потоку та зменшенню відривних зон, тоді як циліндрична форма є менш ефективною через утворення зон турбулізації.

Окрім аеродинамічних аспектів, проаналізовано технологічні методи виготовлення профільованих лопатей. Встановлено, що вибір технології значною мірою залежить від обсягу виробництва. Для малих серій (до 300 шт.) економічно доцільними є CNC-обробка та 3D-друк; для середніх серій (300–1000 шт.) можуть використовуватися композитні матеріали або інвестиційне лиття; для виробництва 1000–5000 виробів ефективними є лиття під тиском і глибоке витяжіння; у великих серіях понад 5000 шт. найнижчу собівартість забезпечують штампування та лиття під тиском.

Отримані результати свідчать, що комплексна оптимізація конструкції робочого колеса – зокрема застосування лопатей з аеродинамічним профілем NACA 2412 та використання конічної центральної втулки – дозволяє підвищити продуктивність і енергоефективність відцентрових вентиляторів типу «біляча клітка», зменшити втрати енергії та покращити експлуатаційні характеристики вентиляційних систем.