

Турик В.М., канд. техн. наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-2357-4483>

Коколенко А.О.,
<https://orcid.org/0009-0007-0923-2173>
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

ДО СКІНЧЕННОРІЗНИЦЕВОЇ МОДЕЛІ ДИСКРЕТНОЇ РОЗДАЧІ ПОТОКІВ У ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Вентиляційні системи є ключовим елементом формування та організації повітрообміну в виробничих будівлях та цехах підприємств машинобудування та енергетики. Їх використання передбачає подачу свіжого зовнішнього повітря у необхідному обсязі до виробничих приміщень, а також видалення відпрацьованого повітря, насиченого вологістю, теплом, пилом чи газоподібними домішками згідно з нормативними вимогами до параметрів мікроклімату. У сучасних умовах значна увага приділяється питанням ефективності роботи вентиляційних систем, а саме: зниженню енерго- та металозатрат при забезпеченні оптимальних аеродинамічних характеристик роботи проточних трактів припливних і витяжних пристроїв з використанням фільтраційних елементів та аспіраційних комплексів для запобігання накопичення вибухонебезпечних концентрацій газів та зменшення викидів забруднюючих речовин тощо. Існуючі наукові роботи акцентують увагу на дослідженнях прогресивних технологій очищення вентиляційних викидів, використання адсорбційних, електростатичних, плазмових методів фільтрування, які забезпечують значне зменшення концентрації шкідливих домішок у повітрі [1]. Також значну увагу приділяють інтеграції автоматизованих систем управління повітрообміном та використанню розумних сенсорів, що в режимі реального часу відстежують стан повітря та автоматично коригують роботу вентиляційних систем, забезпечуючи підтримання оптимальних показників роботи [1]. Проте до сьогодні існує складна і не до кінця коректно вирішена проблема аналітичного опису і відповідних аеродинамічних розрахунків процесів дискретного розподілу і збору

робочого середовища в розгалужених вентиляційних і аспіраційних системах. Суттєва нерівномірність профілів швидкості в робочих перерізах колекторів роздачі чи збору потоків та, що значно важливіше, в окремих відводах колекторних систем істотно знижує ефективність їх роботи. Причина утворення нерівномірності другого типу пов'язана з так званим «колекторним ефектом», який у випадку розподільчих колекторів проявляє себе у «відновленні» швидкісного напору при зростанні статичного тиску в напрямку глухого торця колектору (вздовж колектору збору потоків спостерігається значно більше падіння статичного тиску порівняно з дією втрат тиску через гідравлічний опір). З необхідністю рішення цієї проблеми стикаються при проєктуванні теплообмінних апаратів, камер згоряння газотурбінних двигунів, елементів парових котлів і деяких типів ядерних реакторів тощо. Складність розв'язання подібних задач полягає в наступному. Через змінність витрати колекторних потоків згідно з одним із напрямків досліджень на базі класичної теорії Мещерського динаміки точки змінної маси застосовують диференціальне рівняння руху потоків змінної маси [2], яке враховує динамічний (інерційний) ефект обміну імпульсами між основним колекторним потоком і потоками у відгалуженнях:

$$gdz + \frac{dp}{\rho} + \alpha_0 v dv + v^2 d\alpha_0 + \alpha_0 v (v - \theta) \frac{dQ}{Q} + \lambda_k \frac{v^2}{2D} dx = 0. \quad (1)$$

Однак ця безумовно позитивна якість моделі не дає можливості успішної практичної реалізації її, бо вона «тоне» в невизначеності багатьох факторів. Адже для інтегрування рівняння (1) необхідно знати: 1) закон зміни об'ємної витрати Q вздовж колектору (або задатися їм наперед, що проблематично); 2) залежності для складових θ вектору локальної швидкості відокремлених або приєднувальних мас на напрямок руху основного потоку; 3) закон зміни коефіцієнта потоку імпульсу α_0 з урахуванням інтерференції сусідніх локальних зон взаємодії з колекторною течією відокремлених рідких частинок або тих, що приєдналися; 5) значення коефіцієнта гідравлічного тертя λ_k , усереднене вздовж колектору. Попри давність зазначеної проблеми відомі дані за цими характеристиками нечисленні та суперечливі через труднощі їх експериментального вивчення та у зв'язку з різноманіттям

конструкцій колекторних систем навіть з неперервною роздачею (збором) середовища через щілини або через дрібнопористу структуру. Щодо дискретного характеру зміни витрати колекторних потоків в системах з паралельно підключеними до колекторів відгалуженнями (в тому числі з фільтраційними елементами), завдання інтегрування рівняння (1) значно ускладнюється і, головне, не дає можливості відійти від інфінітезимального до скінченнорізницевого підходу без втрати фізичного змісту процесу.

Пропонується наближена математична модель опису процесу дискретної роздачі газу (повітря) з роздавального колектору по паралельно підключеним відгалуженням, особливістю якої є органічне отримання лінійного різницевого рівняння цілочисельного аргументу відносно щільності току $J_i = \rho v_i$ в колекторі при необхідності експериментального визначення практично одного з параметрів, який містить аналітичний розв'язок рівняння. Такий метод може бути застосований також для моделі дискретного підведення середовища із паралельно підключених відгалужень до збірного колектору, що є типовим для витяжних вентиляційних систем.

Список використаних джерел

1. Вентиляційні системи в цивільному та промисловому будівництві: комплексний огляд і шляхи модернізації / Ю. І. Чайка та ін. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2025. № 225. С. 114–116. URL: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.211.2025.327331>
2. Петров Г.А. Гідравліка змінної маси: монографія. Харків: Вид-во Харківського держ. ун-ту, 1964. 224 с.