

зробити SST модель турбулентності. З іншого боку, більш якісний опис картини течії у вихорокамерних нагнітачах за допомогою гібридної моделі DES не призвів до зменшення похибок розрахунку при порівнянні за інтегральними параметрами течії.

#### Список літератури

1. *Вихревые аппараты.* / А.Д. Суслов, С.В. Иванов, А.В. Мурашкин, Ю.В. Чижиков. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
2. *Montavon C. A. Mathematical modelling and experimental validation of flow in a cyclone / Montavon C. A. // 5th International Conference on Cyclone Technologies, Warwick, UK. – 2000. – Vol. 31. – pp. 175-186.*
3. *Сёмин Д.А. Верификация расчетов течений в вихрекамерных устройствах. / Сёмин Д.А., Роговой А.С., Левашов А.М., Левашов Я.М. // Вісник НТУУ «КПІ». Сер. Машинобудування., 2016. – № 2 (77). – С. 71-78.*
4. *Yin J. Large eddy simulation of unsteady flow in vortex diode. / Yin, J., Jiao, L. and Wang, L. // Nuclear Engineering and Design, 240(5), – 2010. – pp. 970-974.*
5. *Солодов В.Г. Современное состояние проблемы моделирования крупномасштабной турбулентности / В.Г. Солодов // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 20 (1192). – С. 108-115.*

#### УДК 621.165

**Струтинський С.В. к.т.н.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### **ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВИХРОВОЇ СТРУМЕНЕВОЇ ТЕЧІЇ У МІЖЛОПАТКОВОМУ ПРОСТОРІ ВИСОКО ОБЕРТОВОЇ ПНЕВМОТУРБІНИ**

В технологічному обладнанні із просторовим рухом інструменту використовуються високо обертові пневмошпинделі із турбінним приводом. Використання осьових пневмотурбін дає можливість реалізувати високо обертові (20000 об./хв. і вище) шпиндельні вузли придатні для використання в багатокординатних верстатах. Турбіни шпиндельних вузлів мають компакту конструкцію, незначну масу і габарити. При цьому важливе значення набуває проектування і технологічне забезпечення виготовлення лопаток турбін незначних розмірів. Проектування профіля лопаток малорозмірних турбін здійснюється на основі аналізу особливостей течії повітря в турбіні. Наявність інтенсивного просторового руху пнемо шпинделя впливає на процеси течії повітря у пневмотурбіні.

Закономірності течії в міжлопатковому просторі турбіни досліджено числовими методами на ЕОМ. Для цього використані стандарні процедури розрахунку параметрів течії методом кінцевих елементів реалізовані в пакеті ANSYS. Виконана розбивка області течії на кінцеві елементи та задані крайові умови. Проведені розрахунки течії для різних значень окружних швидкостей турбіни. Встановлено, що обертання турбіни суттєвим чином впливає на картину ліній течії в міжлопатковому просторі. При низьких частотах обертання течія повітря супроводжується відривними явищами, які особливо проявляються в областях близьких до тильних сторін лопаток. Відривні явища мають місце при низьких окружних швидкостях переносного руху. В між лопатковому просторі турбіни, яка повільно обертається виникають локалізовані відривні зони. В них мають місце зворотні течії повітря орієнтовані протилежно основному потоку.

На виході потоку із міжлопаткового простору мають місце збурення течії які проявляються у наявності хаотичних траєкторій переміщення частинок. При збільшенні окружної швидкості лопаток відривні явища і нерівномірність потоку зменшуються. Розрахункові лінії течії відповідають стратифікованому (шаруватому) руху частинок повітря з незначними збуреннями на виході.

Встановлено наявність відривних областей течії, що є причиною виникнення вторинних течій. Визначено поле статичного тиску в різних перетинах міжлопаткового простору турбіни.

На основі числових розрахунків обґрунтована схема формування пари вихрових вторинних течій в міжлопатковому просторі. Показано, що вихрові течії зароджуються в сингулярних областях течії, де швидкість руху частинок повітря відносно рухомих твердих поверхонь близька до нуля. Шляхом розкладу проекцій швидкостей в ряд в межах області сингулярності встановлені лінійні складові швидкостей вторинного руху. Показано, що в сингулярній області коефіцієнти лінійних залежностей проекцій швидкостей відповідають компонентам тензора швидкостей деформацій частинок повітря. Із аналізу власних значень матриці компонент тензора швидкостей деформацій встановлені закономірності вторинних течій в сингулярних областях. Чисто уявні власні значення тензора швидкостей деформацій відповідають особливій області типу центра (фокуса), який описує ізольований парний вихор в міжлопатковому просторі турбіни. Визначено спіралевидні траєкторії руху частинок повітря в системі парного вихора. Одержано узагальнені результати обчислень параметрів вихрової течії в міжлопатковому просторі пвневмотурбіни.

Визначено тенденції зміни параметрів вихрового руху при змінах швидкості натікаючого на турбіну потоку повітря.

**УДК 621.65**

**Хованський С. О.<sup>1</sup>, к.т.н., Гречка І. П.<sup>2</sup>, к.т.н.,**

1 – Сумський державний університет, м. Суми, Україна

2 – НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОВІТРЯНОРОЗПОДІЛЬЧИХ ПРИБЛИВНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

Підвищення якості санітарно-гігієнічних параметрів повітряного середовища в житлових і виробничих приміщеннях є важливою і актуальною проблемою, яка може бути вирішена на основі підвищення енергетичної ефективності функціонування систем вентиляції та кондиціонування в цілому. Вирішення даної задачі заздалегідь потребує точної початкової інформації щодо залежності структури потоку та інших термодинамічних параметрів середовища в вентилярованому приміщенні від характеристик системи.

Повітрянорозподільні пристрої є важливими елементами систем вентиляції та кондиціонування, призначені для подачі повітря в приміщення та розподілу повітряних потоків. Повітрянорозподільчі пристрої системи припливної вентиляції типу «душуюча панель» призначені для підведення значних об'ємів свіжого повітря (до 10 тис. м<sup>3</sup>/год) зі швидкістю від 0,1 м/с до 0,3 м/с для систем кондиціонування промислових і спортивних об'єктів з високими вимогами до комфорту. Дані пристрої використовуються в приміщеннях з надлишковими виділенням теплової енергії або значними обсягами утворення забруднюючих та шкідливих для здоров'я людини речовин. Повітрянорозподільчі пристрої системи припливної вентиляції типу «душуюча панель» зазвичай виготовляють з листової сталі, дифузор якого складається з перфорованої панелі, корпусу, нижньої торцевої панелі та верхньої торцевої панелі з приєднаним патрубком. Використання даних пристроїв у вентиляційних системах дозволяє за допомогою припливного повітря створити у робочій зоні так зване «озеро свіжого повітря».

Метою роботи є підвищення ефективності повітророзподільної установки системи припливної вентиляції за рахунок визначення її раціональних конструктивних параметрів при забезпеченні комфортних параметрів мікроклімату у приміщенні. Для досягнення вказаної мети поставлені та вирішені такі завдання: проведений аналітичний огляд тенденцій розвитку, технічного рівня і практики застосування повітророзподільних пристроїв системи припливної вентиляції; розроблені математичні та чисельні моделі повітророзподільного пристрою припливної системи вентиляції різних конфігурацій для аналізу ефективності їх роботи;