

420УДК 631.331

## ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕРОЗРАХУНКОВИХ ПРОЦЕСІВ У ВІДЦЕНТРОВОМУ РАДІАЛЬНОМУ ВЕНТИЛЯТОРІ

Мельник В. І., д.т.н., проф., Зеленський О. П., Зеленський А. П.,  
Станіславенко А. В., аспіранти

*Державний біотехнологічний університет*

**Анотація.** Ця стаття знайомить нас з чисельним моделюванням нерозрахункових процесів у відцентровому радіальному вентиляторі за допомогою сучасних програмних продуктів. Показує перевагу чисельних експериментів у сучасному проектуванні.

Широкого застосування у пневматичній системі сівалки набули відцентрові радіальні вентилятори (ВРВ), які створюють перепад тиску, близько 5 000 Па [1,2]. В ході роботи, пневматична система сівалки може працювати не стабільно, про це свідчить не постійне захоплення висівним диском насіння в висівному апараті, а також високий шум роботи ЦРВ і т.д.

Виготовлення нового ЦРВ, що створює необхідний перепад тиску та успішну роботу пневматичної системи, вимагає чіткого розуміння фізики процесу, що протікає в самому вентиляторі та системі.

На сьогоднішній день чисельні експерименти є найперспективнішими засобом здійснення проектувальних, перевірочних та організаційних робіт.

Для моделювання процесів доцільно використовувати сучасні CAD/CAM/CAE системи, які дають можливість моделювати рух потоку повітря у трубопроводах та агрегатах пневматичної системи сівалки.

Одним з таких програмних забезпечень є ANSYS CFX [3], цей програмний продукт, заснований на методі кінцевих елементів (КЕ). Розглянемо чисельне моделювання процесів у ВРВ за допомогою програмного забезпечення ANSYS CFX Рис. 1.

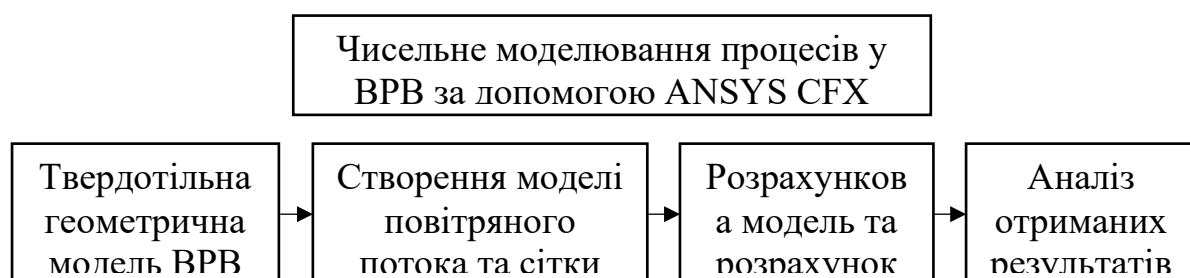


Рисунок 1 – Чисельне моделювання процесів у ВРВ

На першому етапі підготовки вихідних даних для моделювання перебігу повітряного потоку в пневматичній системі сівалки, створюється твердотільна геометрична модель ВРВ, що імітує обсяг повітря, всередині якого відбувається перебіг досліджуваного потоку. Елементи проточної частини відцентрового радіального вентилятора є пристрій, який подає повітряний потік через розтруб, до трубопроводу, потім на робоче колесо, а далі відбувається відведення повітряного потоку через равлик, який має дуже складну форму [4]. Створення

геометричної твердотільної моделі є неординарним завданням, тому проводиться спрощування моделі ВРВ, 3D модель створюються у пакеті САЕ моделювання Solid Works Рис.2 (а). Використовуючи додатковий інструмент Space Claim Geometry у програмному комплексі ANSYS [5] на базі єдиної робочої платформи, створюємо твердотільну модель потоку повітря ЦРВ Рис. 2 (б).

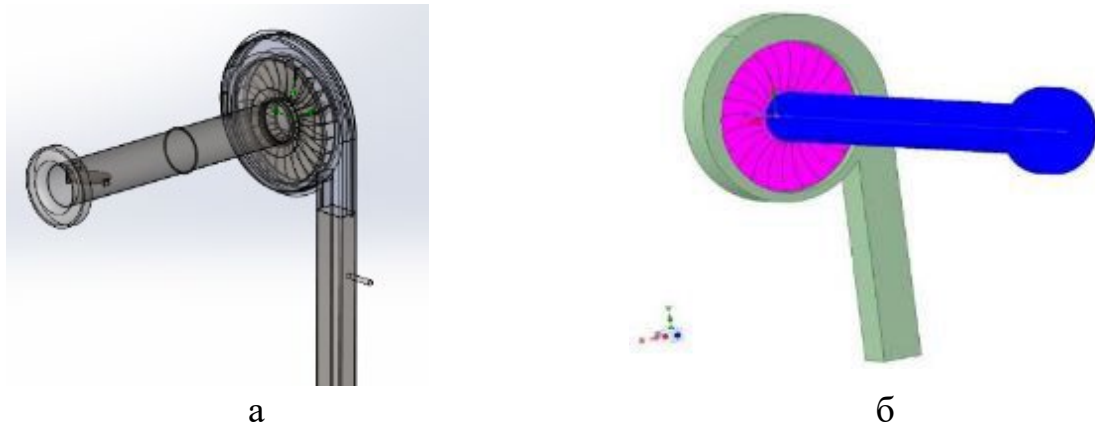


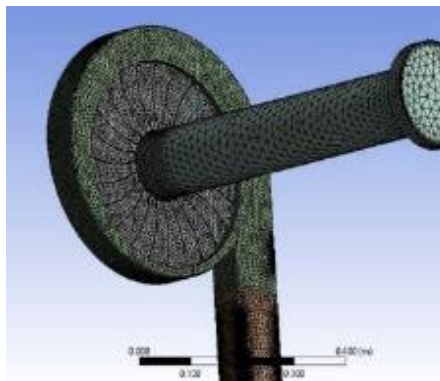
Рисунок 2 а – геометрична твердотільна модель ВРВ, б - твердотільна модель потоку повітря ВРВ.

Далі проводимо спрощування САЕ моделі, видаляємо зазори, позбавляємося зайвих вузлів, бо при створенні сітки (Mesh), постобробки моделі буде відбуватися гальмування процесу створення, із-за завантаженості оперативної пам'яті комп'ютера, що призведе до ускладнення створення розрахункової сітки. Забираємо з розрахунку місця застою повітряного потоку. Далі для коректного розрахунку 3D САЕ моделі створюємо вхідний патрубок завдовжки не менше п'яти вхідних діаметрів вентилятора, та вихідний не менше десяти вихідних трубопроводів для того, щоб уникнути рециркуляції потоку повітря, бо це може призвести до проблем з масовим балансом. Використовуючи модель потоку повітря ВРВ, будуємо гексагональну сітку кінцевих елементів (СКЕ) [6]. В результаті чого отримуємо тривимірну СКЕ з кількістю елементів не менше п'ятиста тисяч шт та близько мільйона шт вузлів для задовільного розрахунку. Отримана тривимірна СКЕ зображена на Рис.3 (а). Для проведення розрахунків у блоці Setup платформи Fluid Flow(CFX) необхідно для сіткової моделі ВРВ задати основні параметри робочого процесу. Розрахункова модель ВРВ надана Рис.3 (б). До основних параметрів робочого процесу ВРВ входять такі параметри:

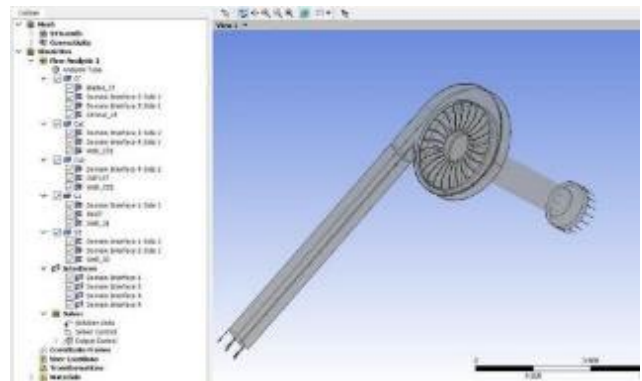
область розрахунку – текуча область (Fluid Domain); робоче тіло – ідеальний газ (Air Ideal Gas); варіант – безперервна рідина (Continuons Fluid); відносний тиск (тиск навколишнього середовища), що становить 101325 Па; варіант теплообміну – з повної енергії (Total Energy); варіант турбулентності – модель турбулентності  $k - \epsilon$  чи  $k - \omega$  [4].

Далі потрібно задати граничні умови (ГУ) потоку повітря на вході та на виході з ВРВ: вхідна поверхня (Inlet): задаємо значення вхідного тиску (Total Pressure), що становить 101325 Па та вхідну температуру (Total Temperature), що становить 288.15 К; вихідна поверхня (Outlet): задаємо значення середнього

статичного тиску (Average Static Pressure), що становить 0 Па.



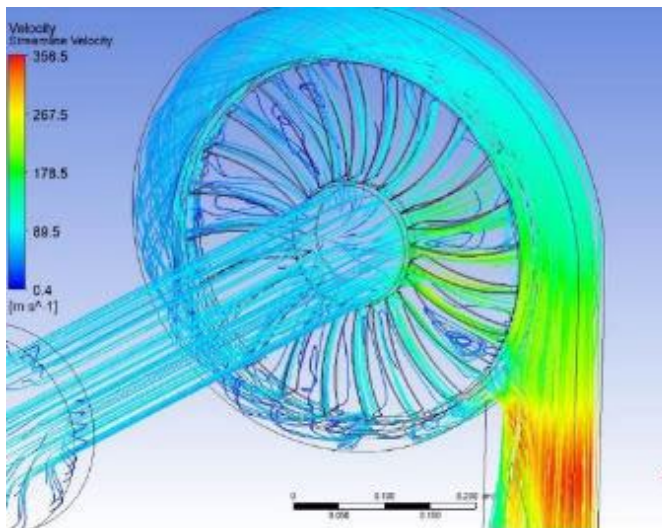
а



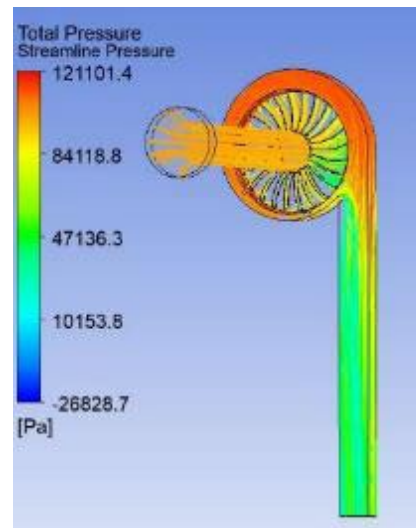
б

Рисунок 3 а - сітка кінцевих елементів моделі ВРВ, б – розрахункова модель ВРВ

В результаті розрахунку та моделюванні процесів, які відбуваються в проточній частині ВРВ отримуємо великий масив даних. Використовуючи результати розрахунків маємо можливість вивчити та проаналізувати процеси, що відбуваються всередині проточної частини ВРВ, а також зробити зміни до моделі вентилятора, якщо це потрібно. Далі проводимо аналіз результатів дослідження: розглянемо Рис.4 (а), де зображено лінії струму, що відображають напрямок і значення швидкостей, за фарбуванням ліній та шкалою зліва на малюнку ми можемо мати уяву про величину швидкості.



а



б

Рисунок 4 а – лінії струму швидкості, б – лінії струму тиску.

Крім значень швидкостей важливе значення має тиск потоку повітря всередині ВРВ Рис.4 (б). Також можна отримати для аналізу тиску на лопатках РК вентилятора. Далі проводимо ретельний аналіз поведінки потоку повітря в проточній частині вентилятора, а також аналіз роботи ВРВ що до отримання потрібних нам параметрів та стійкої його роботи. В свою чергу, також є графічна інтерпретація зв'язків між основними параметрами вентилятора, що називають

характеристикою вентилятора. Користуючись характеристикою вентилятора [1], легко вибрати відповідний вентилятор з певними геометричними розмірами. Повна характеристика вентилятора виражає залежність тиску, потужності та ККД вентилятора від його продуктивності (витрати повітря).

Характеристику вентилятора ми можемо отримати завдяки множинному повторенню стаціонарних розрахунків, змінюючи граничні умови. Результати розрахунків зводяться до масиву усереднених даних, та згідно з якими і будується характеристика вентилятора. На вісі абсцис відображає  $G_v$ , а на осі ординат (наприклад) може бути створюваний тиск вентилятором  $P_v$ . Також за отриманими результатами оцінюють якість проектування самого відцентрового колеса, кутів установки, розмірів, товщини, кількості лопаток, шуму та факторів безпеки. Дослідження показують, що досягнення прийнятного рівня значення параметрів можуть бути досягнуті шляхом ретельного профілювання та впровадження нових конструкційних рішень під час проектування ВРВ. Рекомендується використовувати як моделювання газодинамічних характеристик перебігу повітря в проточній частині пневматичної системи САЕ пакетів програм на основі методів CFD.

#### **Список використаних джерел:**

1. О. Бак, Проектування та розрахунок вентиляторів. Переклад з німецької. ГНТІ у гірничій справі. 1961-362с.
2. Г.М. Абрамович Прикладна газова динаміка - М.: Наука, 1991. - Ч. 1. - 597 с
3. П.В. Пугачов Розрахунок та проектування лопатевих гідромашин. Розрахунок в'язкої течії в лопатевих гідромашинах з використанням пакета ANSYS CFX: навч. посібник/П.В. Пугачов, Д.Г. Свобода, А.А. Жарківський. – СПб.: Вид-во Політехн. ун-ту, 2016. -120 с.
4. H. Schlichting, K. Gersten Boundary-Layer Theory. Ninth Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017-805 p.
5. М.В. Мурашов, С.Д. Панін Розв'язання задач механіки суцільного середовища у програмному комплексі ANSYS. М.: Видавництво. 2009 – 40 с.
6. М.Ю. Анісімов, В.В. Бірюк, О.О. Горшкальов Створення кінцево-елементної сітки циліндропоршневої групи ДВС. С.: Електронний навчальний посібник. 2013–45 с.