

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра гідравлічних машин ім. Г.Ф. Проскури

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА НА ТЕМУ:

**“ВПЛИВ НАПРЯМНОГО ЛОПАТЕВОГО АПАРАТУ В
ОСЬОВОМУ КАНАЛІ ВИХОРОКАМЕРНОГО НАГНІТАЧА
НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ”**

Обсяг графічної частини - 11 аркушів (слайдів) формату А4

Студент групи МІТ-М422зів

Маммадов Е.

Керівник роботи

проф. Роговий А.С.

Харків 2026

МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ дослідження впливу попереднього закручення потоку на енергетичні та напірні характеристики вихорокамерного нагнітача, а також підвищення його ефективності шляхом застосування напрямного лопатевого апарата в осьовому каналі.

Виходячи з поставленої мети, задачами роботи є:

- проаналізувати принцип роботи, конструктивні особливості та характеристики струминних і вихорокамерних нагнітачів;
- дослідити теоретичні основи формування закрученого потоку та процеси змішування у вихровій камері;
- розробити конструктивну схему вихорокамерного нагнітача з напрямним лопатевим апаратом;
- виконати чисельне моделювання течії робочого середовища та визначити вплив закручення потоку на коефіцієнт корисної дії та тиск;
- провести аналіз ефективності застосування напрямного апарата залежно від режимів роботи нагнітача.

ОБ'ЄКТ

вихорокамерний нагнітач

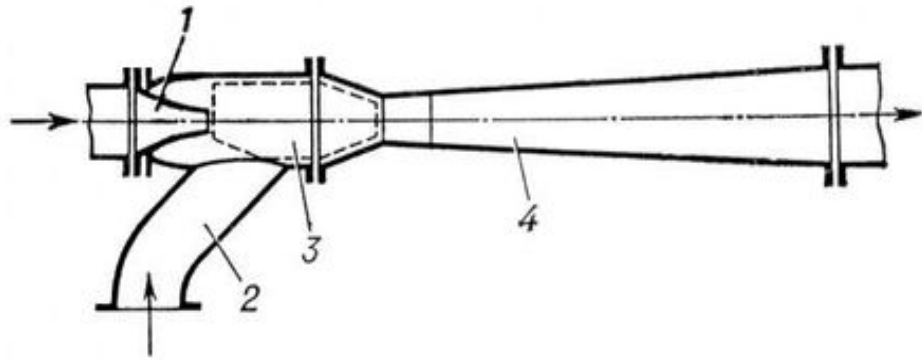
ПРЕДМЕТ

закономірності формування закрученого потоку, процеси енергообміну та вплив ступеня закручення на енергетичні та напірні характеристики нагнітача

МЕТОДИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

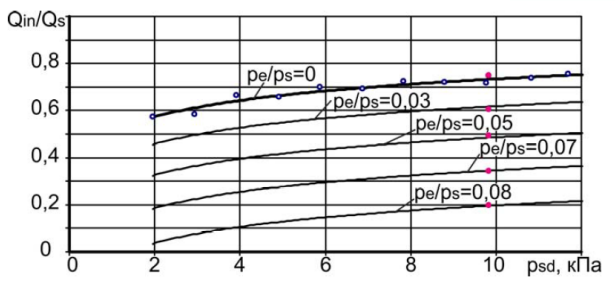
у роботі використано методи чисельної гідродинаміки, що базуються на розв'язанні осереднених за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса та рівняння нерозривності. Моделювання виконано із застосуванням CFD-підходів

СТРУМИННІ НАГНІТАЧІ

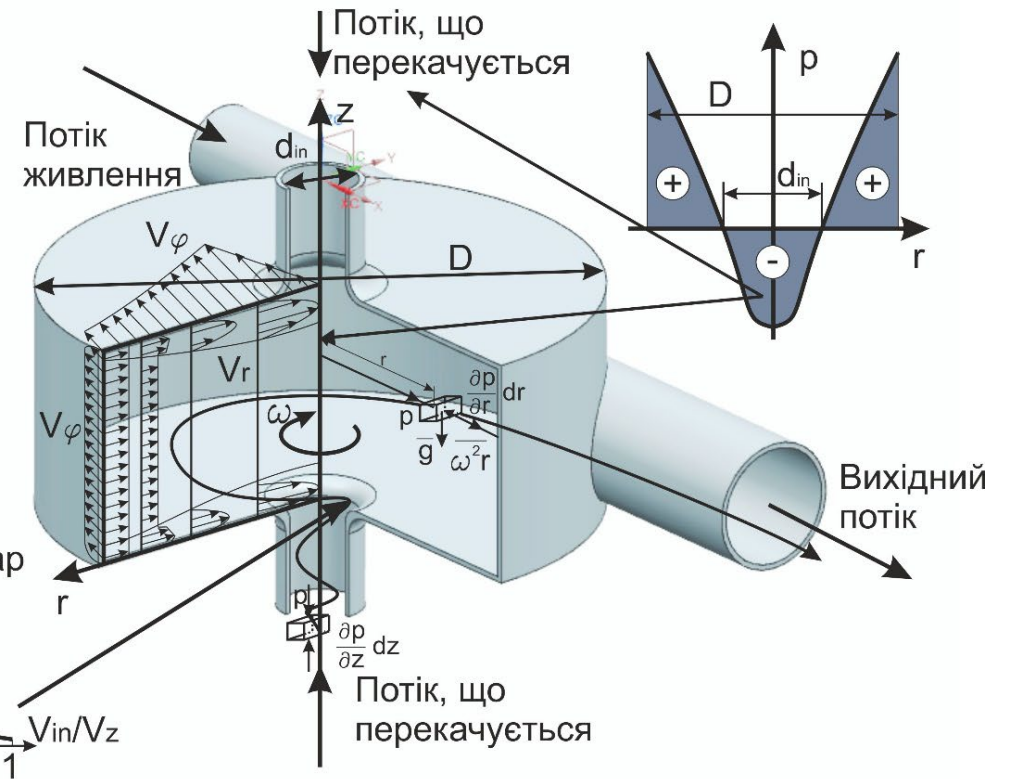
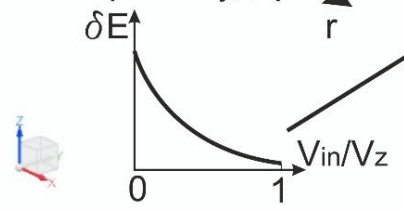


Принципова схема роботи струминного апарату прямої дії: 1 – пасивний потік; 2 – сопло; 3 – камера змішування; 4 - дифузор

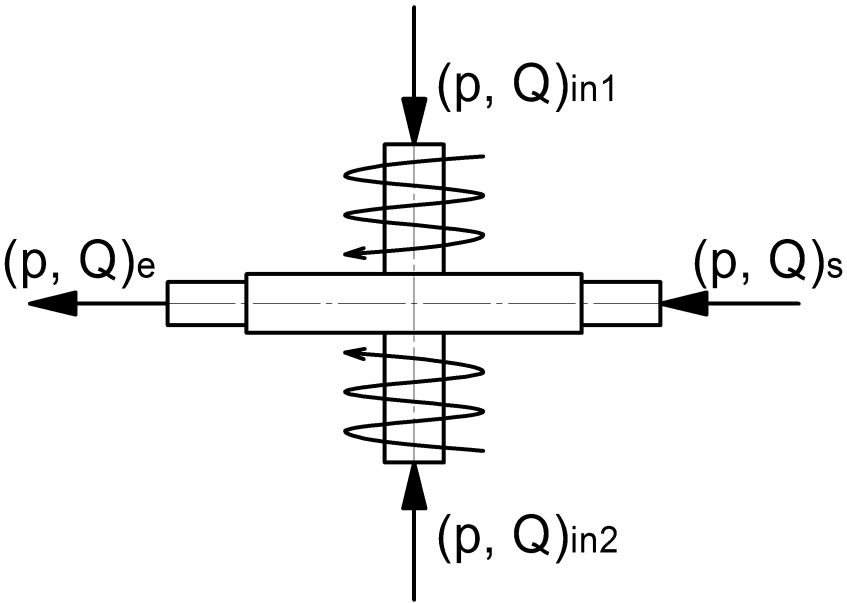
Схема роботи вихорокамерного нагнітача та його характеристики



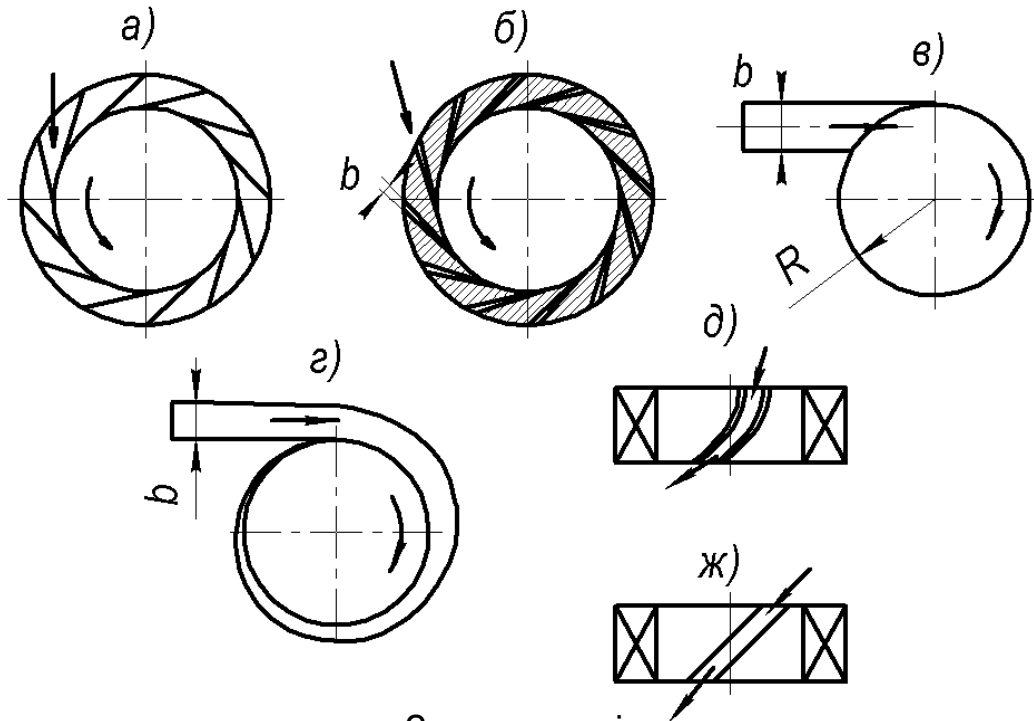
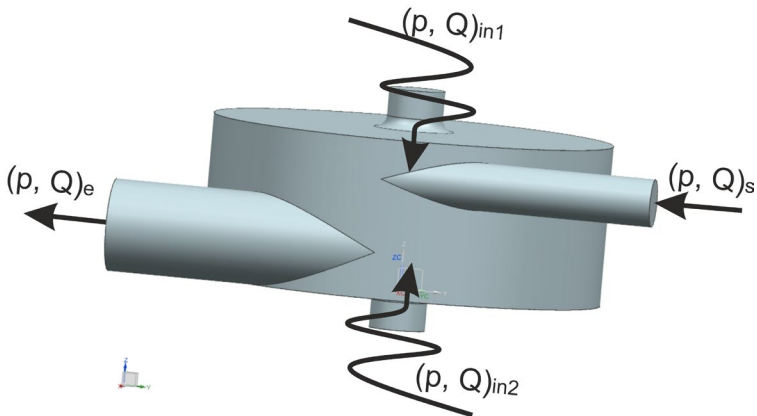
Втрати енергії на удар



ПОПЕРЕДНЄ ЗАКРУЧЕННЯ ПОТОКУ, ЩО ПЕРЕКАЧУЄТЬСЯ



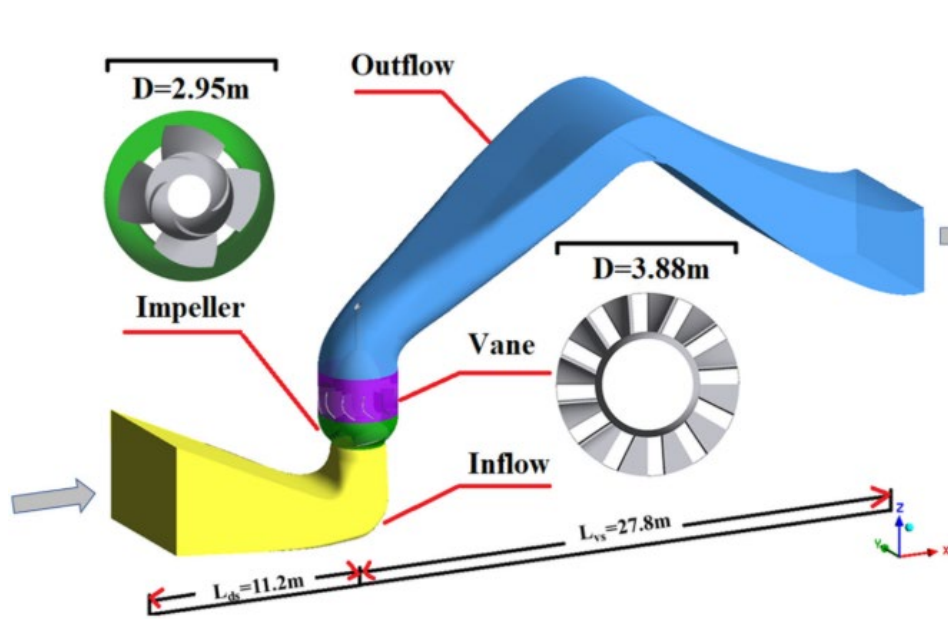
Вихорокамерний нагнітач



Завихрювачі

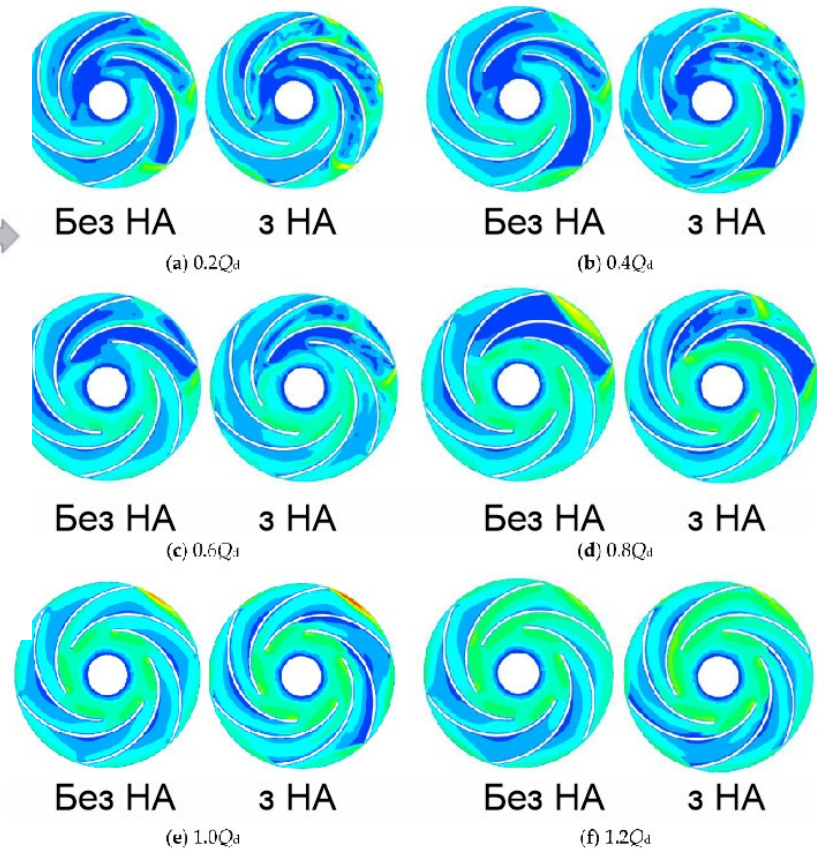
а – лопатний; б – циліндрий; в – із тангенціальним патрубком; г – завитковий; д, ж – торцеві лопатні

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ НАПРЯМНОГО ЛОПАТЕВОГО АПАРАТУ



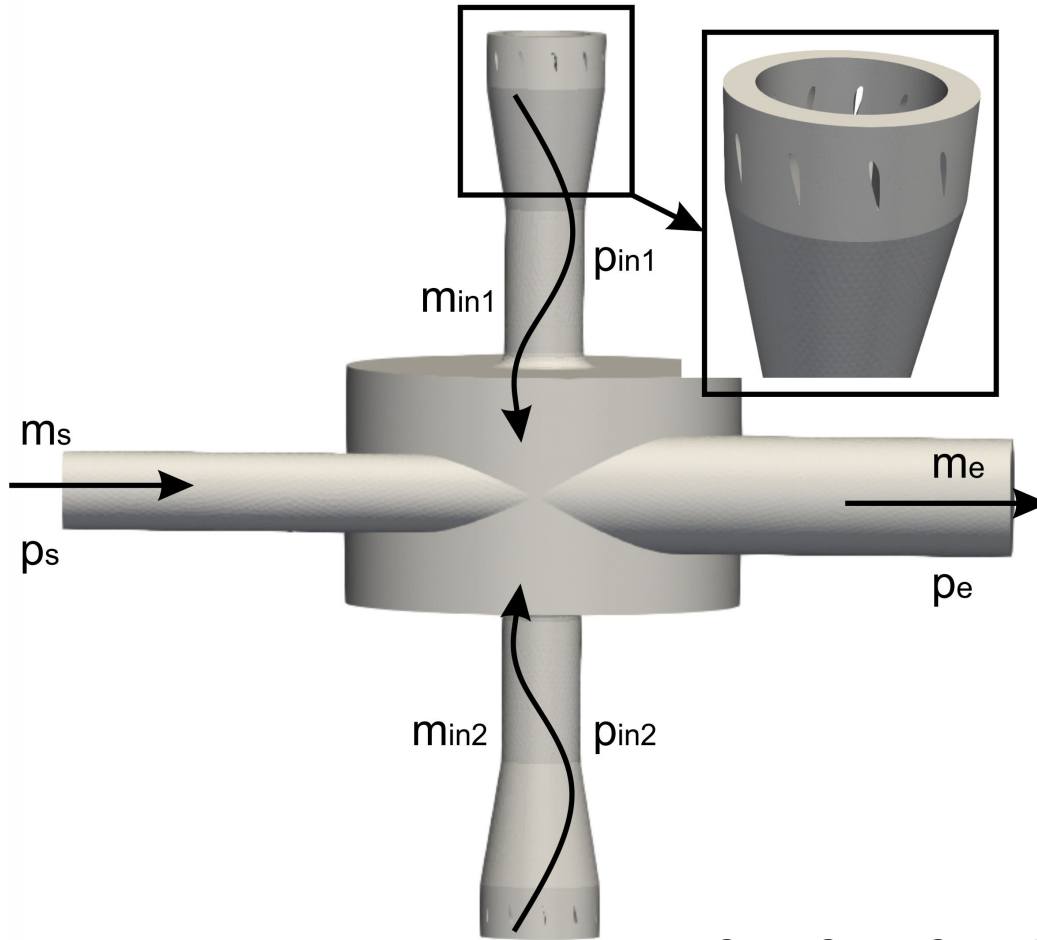
Робоче колесо та напрямний апарат відцентрового насоса

Застосування кількісних критеріїв оцінки ступеня закручення потоку створює необхідну основу для аналізу впливу напрямного лопатевого апарата на характеристики вихорокамерного нагнітача. Використання цих критеріїв дозволяє перейти від якісного опису течії до порівняльної оцінки різних конструктивних і режимних рішень, що буде використано в подальших розділах роботи



Вплив напрямного апарату на розподіли швидкості у робочому колесі

ВИХОРОКАМЕРНИЙ НАГНІТАЧ З НАПРЯМНИМ АПАРАТОМ



Робочий тиск, що витрачається у нагнітачі.

$$p_p = p_s - p_e + \frac{\rho}{2}(V_s^2 - V_e^2)$$

Корисний тиск, що створює нагнітач

$$p_u = p_e - p_{in} + \frac{\rho}{2}(V_e^2 - V_{in}^2)$$

Витрата робочої рідини

$$Q_s = V_s S_s = V_s \frac{\pi d_s^2}{4}$$

Корисна подача

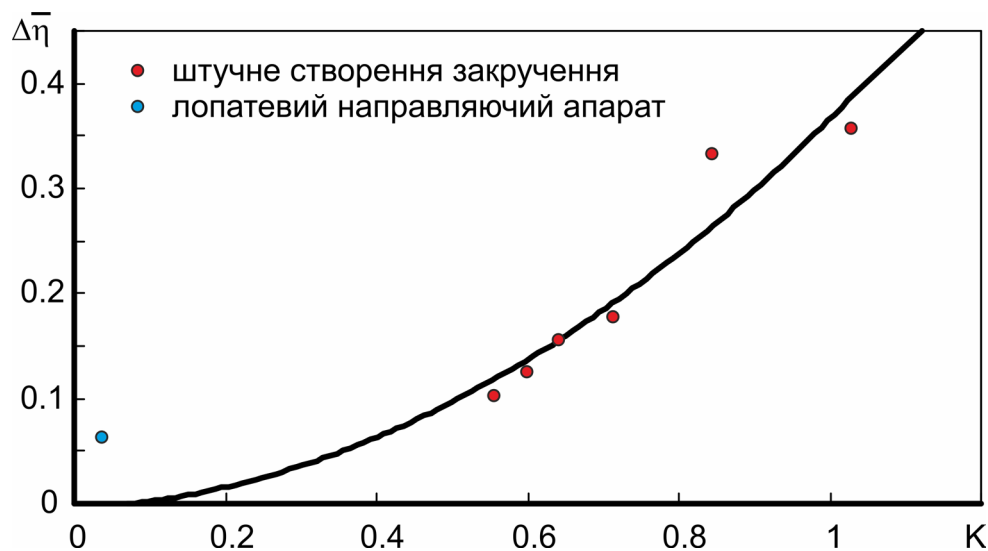
$$Q_{in} = Q_{in1} + Q_{in2} = V_{in1} S_{in1} + V_{in2} S_{in2} = V_{in1} \frac{\pi d_{in1}^2}{4} + V_{in2} \frac{\pi d_{in2}^2}{4}$$

Коефіцієнт корисної дії нагнітача

$$\eta = \frac{p_u}{p_p} \cdot \frac{Q_{in}}{Q_s}$$

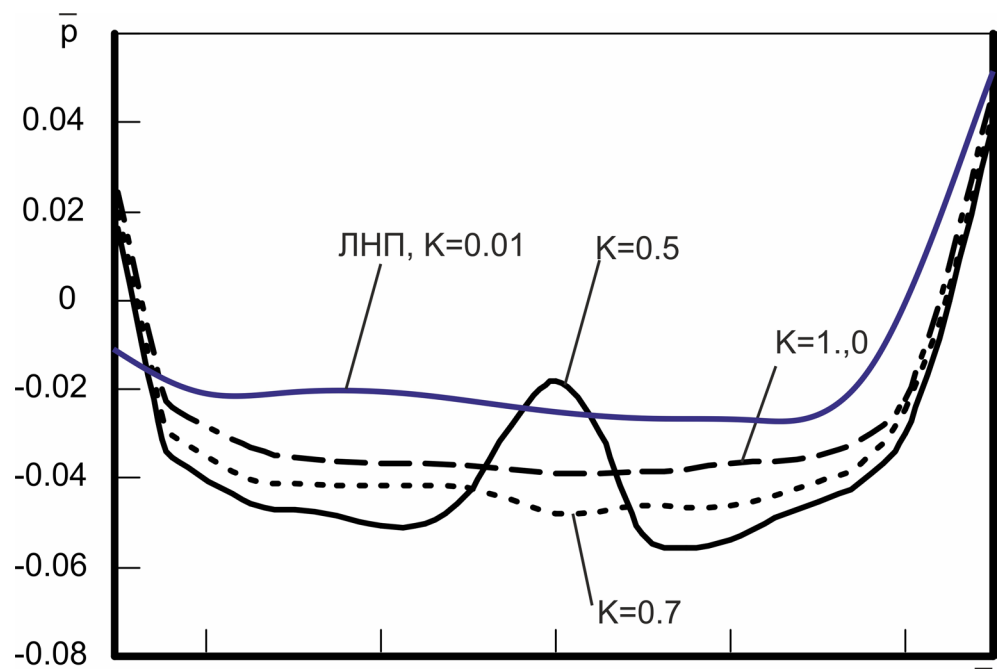
Індекси у формулах:
 s – потік живлення;
 e – вихідний потік;
 in – потік, що перекачується

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТУ CFD

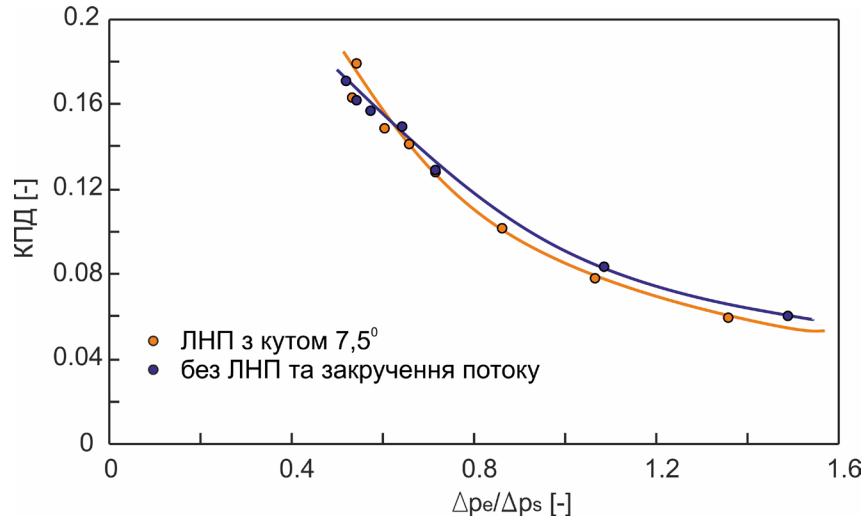


Залежність відносної зміни ККД ВКЕ від ступеня закручення потоку, що перекачується

Розподіл відносного тиску в центрі вихрової камери в залежності від ступеня закручення вхідного потоку (тиск віднесено до повного тиску в каналі живлення)



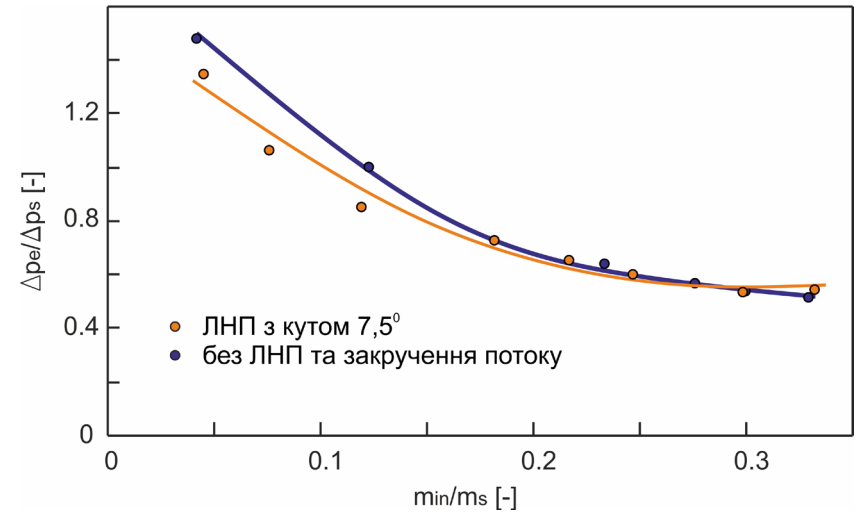
ВПЛИВ ЛОПАТЕВОГО НАПРАВЛЯЮЧОГО АПАРАТУ НА⁸ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВКЕ



а)

а) залежність ККД від співвідношення тисків на виході з нагнітача;

б) характеристика ВКЕ



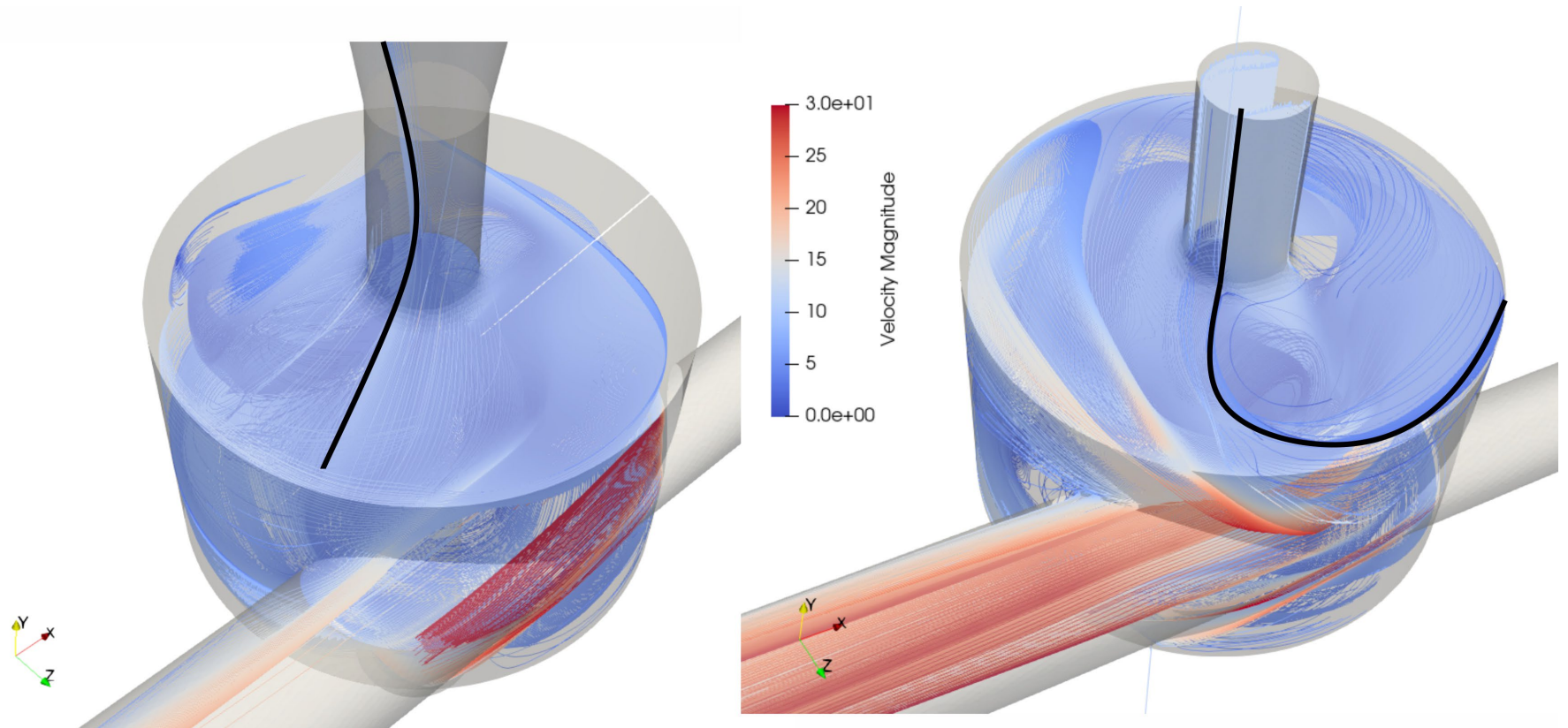
б)

Використання лопатевого направляючого апарату дозволяє закрутити потік без використання додаткової енергії, але з гідравлічними втратами в самому направляючому апараті

$$\frac{\Delta p_e}{\Delta p_s} = \frac{\left(p_e - p_{in} + \frac{\rho(V_e^2 - V_{in}^2)}{2} \right)}{\left(p_s - p_e + \frac{\rho(V_s^2 - V_e^2)}{2} \right)}$$

ЛІНІЇ ТЕЧІЇ ПОТОКУ, ЩО ВСМОКТУЄТЬСЯ У ВИХРОВУ КАМЕРУ⁹

КАМЕРУ



з ЛНП

без ЛНП

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження вихорокамерного нагнітача з напрямним лопатевим апаратом, що включає аналіз сучасного стану, теоретичне обґрунтування, чисельне моделювання та оцінку впливу конструктивних рішень на енергетичні характеристики.

1. Проведено аналіз сучасного стану струминних і вихорокамерних нагнітачів, розглянуто принципи їх роботи, конструктивні особливості та області застосування. Показано, що застосування закручування потоку є ефективним засобом підвищення напірних характеристик, а використання напрямного лопатевого апарата дозволяє цілеспрямовано керувати структурою течії.

2. Розглянуто теоретичні передумови формування закрученого потоку в осьовому каналі та гідродинамічні процеси у вихровій камері. Встановлено, що попереднє закручення потоку забезпечує більш узгоджену взаємодію потоків, зменшує втрати енергії при змішуванні та покращує умови передачі імпульсу.

3. Розроблено конструктивну схему вихорокамерного нагнітача з напрямним лопатевим апаратом в осьовому каналі. Виконано чисельне моделювання течії у вихорокамерному нагнітачі з використанням CFD-методів на основі рівнянь Нав'є-Стокса з урахуванням турбулентності. Отримано розподіли швидкостей і тиску, що дозволило проаналізувати вплив ступеня закручення на характеристики нагнітача.

5. Встановлено, що попереднє закручення потоку призводить до зростання коефіцієнта корисної дії нагнітача. За результатами моделювання відносний приріст ККД може досягати приблизно 30–35 %, що пояснюється зменшенням втрат енергії на вході до вихрової камери та підвищенням ефективності процесу змішування потоків.

6. Загалом результати дослідження підтверджують доцільність застосування напрямного лопатевого апарата для підвищення енергоефективності вихорокамерних нагнітачів. Отримані висновки можуть бути використані при подальшому вдосконаленні конструкцій нагнітачів, оптимізації їх робочих режимів та підвищенні експлуатаційних характеристик.