

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПГМ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему  
Вплив геометрії підводу на форму напірної характеристики  
консольного насосу

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи  
та гідروпневмоавтоматика»)

Виконавець роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кучеренко Н.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Лугова С. О.  
(прізвище, ініціали)

Суми 2021

## Реферат

Пояснювальна записка: 82 сторінки, 59 рисунків, 1 таблиць, 25 літературних джерела.

Тема магістерської роботи – «Вплив геометрії підводу на форму напірної характеристики консольного насосу».

Мета роботи – визначення оптимальної конструкції підводу з розташуванням радіальних ребер або без них, для оптимальної роботи насоса на режимах недовантаження, та визначення чи впливають зміни конструкції підводу, а саме установка радіальних ребер на характеристики насоса.

Задачі дослідження:

- огляд літератури за роботою насоса на режимах недовантаження і нестабільна характеристика;
- огляд літератури за виникненням рециркуляції на режимах часткових витрат і вплив рециркуляції на характеристики насоса.
- виконання чисельного дослідження течії у проточній частині консольного насоса, а саме у різних варіантів проточній частині підводу.

Ключові слова: РЕЦИРКУЛЯЦІЯ, НЕСТАБІЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, КОНСОЛЬНИЙ НАСОС, ПІДВОД, ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЗВОРОТНИЙ ПОТОК

## Зміст

Вступ.....	4
1 Загальна характеристика насосів типу К.....	5
2 Технічні характеристики.....	8
3 Опис конструкції насоса АЦН 250-20.....	10
4 Опис проблеми насосів типу К.....	12
5 Огляд літератури.....	13
5.1 Робота насоса на режимах часткових витрат і нестабільна форма характеристики.....	14
6 Чисельне дослідження проточної частини консольного насоса.....	24
6.1 Створення розрахункової моделі.....	25
7 Аналіз результатів чисельного дослідження.....	34
Висновки.....	68
8. РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	69
8.1 Загальна пожежна безпека.....	69
8.2 Дії працівників під час пожежі.....	75
8.3 Вогнегасники і їх класифікація.....	77
Список використаної літератури.....	80

## Вступ

Темою магістерської роботи є вплив геометрії підводу на форму напірної характеристики консольного насосу з метою зрозуміти, як зміна геометрії підводу буде впливати на характеристики насосу. В ході роботи будуть проведені чисельні дослідження проточної частини з різними варіантами підводу, і зроблені висновки, щодо їх впливу на інтегральні та диференціальні характеристики насосу.

Консольні насоси широко поширені у всіх галузях народного господарства. Настільки широке поширення вони отримали із-за відносної простоти конструкції, зручності обслуговування і ремонту. Параметричний ряд консольних насосів також досить широкий. Вони покривають великий діапазон, як подач, так і напорів. На рисунку 1 наведено графік полів насосів типу К.

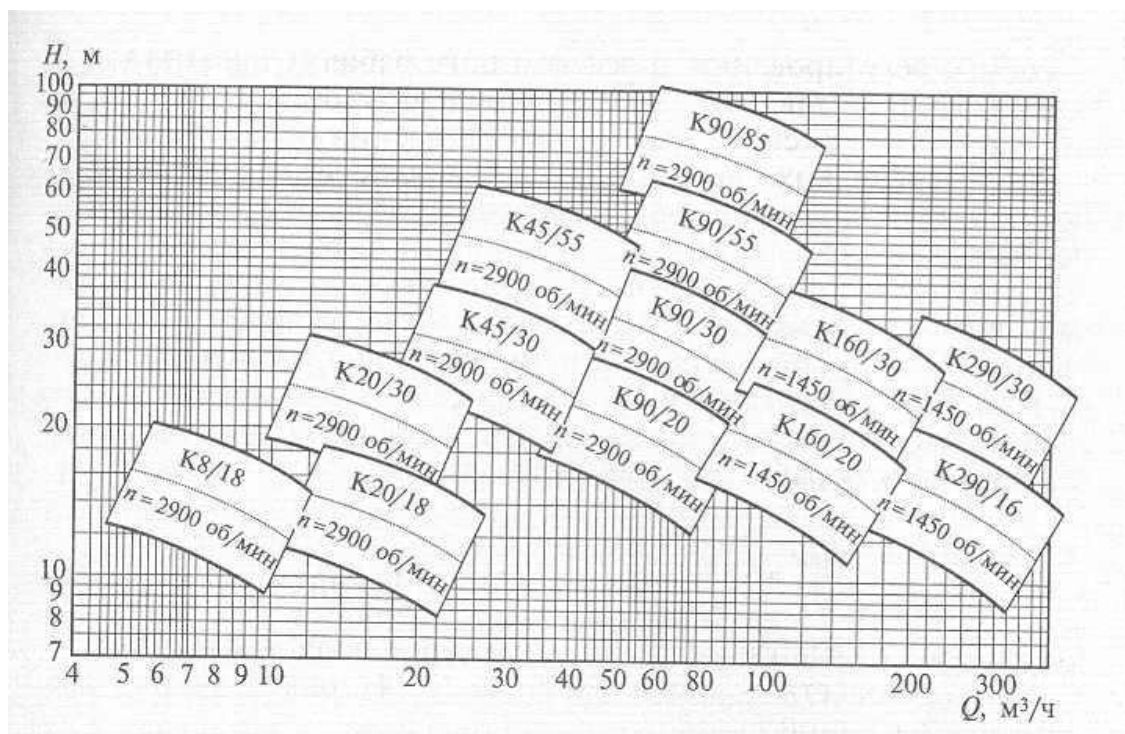


Рисунок 1 – Графік полів насосів типу К

## 1 Загальна характеристика насосів типу К

Насоси типу К - насоси відцентрові, горизонтальні, одноступінчаті, з осьовим входом, ущільненнями сальникового типу, з підшипниками кочення, з приводом від електродвигуна.

Насоси типу К і агрегати електронасосні, на їх основі призначення для перекачування води і рідин, що мають схожі з водою властивості по в'язкості і хімічній активності з температурою до 358 До (85°C).

Насоси типу К призначені для перекачування води в системах водопостачання промислових і комунальних об'єктів, застосовуються також для зрошування і осушення земель.

Групу насосів для холодної й гарячої води **типу К** - прийнято називати консольними насосами [4]. Консольні - це класифікаційна ознака насосів по конструктивному виконанню, до яких відносяться різні по типу рідини, що перекачуються, насоси (НК - нафтові консольні, Гр - ґрунтові, ПР - піскові, Х, АХ - хімічні і т.д.).

Консольні насоси типу К - відцентрові насоси з одnobічним осьовим підведенням рідини до робочого колеса, яке розташоване на валу консольно. Завдяки своїй конструкції ці насоси широко застосовуються у всіх галузях промисловості, комунальному й сільському господарстві, де необхідний розв'язок завдань водопостачання, опалення, водовідведення та ін.

Консольні насоси, які застосовуються для перекачування хімічних рідин різної активності, замість К позначаються як Х, АХ, АХО і т.д. В рідинах, що транспортуються консольними насосами типу К, допускається вміст твердих часток до 0,1 % і розміром до 0,2 мм. Ущільнення вала насоса - одинарне або подвійне сальникове. Допускається установка торцевого ущільнення. Найбільший надлишковий тиск, що

допускається, на вході в насос, для насосів з м'яким сальником до 0,35 МПа (3,5 кгс/см<sup>2</sup>), з торцевим ущільненням до 0,6 МПа (6,0 кгс/см<sup>2</sup>). Матеріал деталей проточної частини - сірий чавун. У конструкції насосів передбачені отвори для відводу витоків води через сальникове (торцеве) ущільнення.

Насоси виготовляються з подачею від 3 до 480 м<sup>3</sup>/год і напором від 3,5 до 125 м.

При з'єднанні консольного насоса з електродвигуном використовується пружна муфта. Насос разом із двигуном розташовані на опорній плиті або на звареній рамі.

Основним конструктивним елементом насоса є робоче колесо . Основне призначення робочого колеса полягає в передачі енергії від обертаючого вала до рідини. Робоче колесо складається з наступних основних елементів: передній або ведений диск; задній або ведучий диск; лопаті, які розташовані між дисками.

Консольні насоси можуть бути як із закритим робочим колесом, так і з відкритим та напіввідкритим робочим колесом. Насоси із закритим колесом можуть застосовуватися, як для перекачування чистих, так і забруднених рідин.

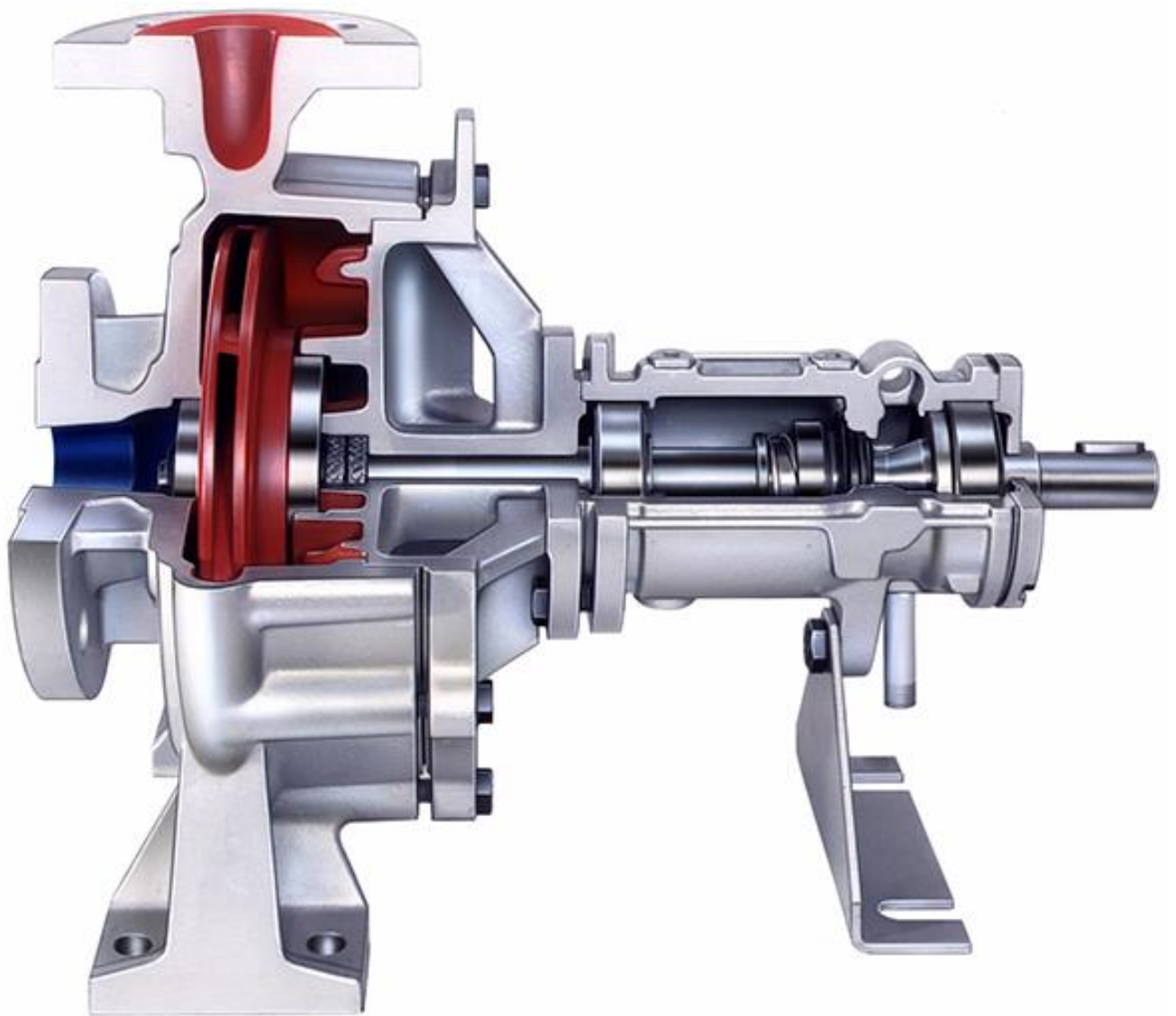


Рисунок 1.1 – Насос типу К

## 2 Технічні характеристики

### 2.1 Технічні характеристики агрегата електронасосного АЦН 250-20

#### Насос ЦН 250-20

Подача, м <sup>3</sup> /с (м <sup>3</sup> /год)	0,0695 (250)
Напір, м	20
Тиск на вході в насос, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,2 (2)
Допустимий кавітаційний запас, м	3
Частота обертання, с <sup>-1</sup> (об/хв)	24,17 (1450)
Потужність насоса ( $\rho=1000$ кг/м <sup>3</sup> ), кВт	18
Потужність агрегата ( $\rho=1000$ кг/м <sup>3</sup> ), кВт	19
Температура перекачуваної рідини °С, не більше	85
Коефіцієнт швидкохідності, $n_s$	147,5

#### Двигун

##### Двигун АМУ180S4

Потужність, кВт	22
Напруга, В	220/380
Частота обертання (синхр), с <sup>-1</sup> (об/хв)	24,17 (1450)



**2.2 Середовище перекачування насосом:** вода (окрім морської), конденсат водяного пара та інші рідини, які схожі за густиною, в'язкістю та хімічною активністю з водою.

**2.3 Середовище для охолодження кінцевого ущільнення насосу:**

Технічна вода або конденсат, або хімічно обезсолена вода.

Температура, °С, не більше 40

Витрата, м<sup>3</sup>/с (м<sup>3</sup>/год), не більше  $0,139 \cdot 10^{-5}$  (0,5)

Тиск, МПа (кгс/см<sup>2</sup>)  $p_{вх} + 0,1(p_{вх} + 1)$

**2.4 Середовище для змащування підшипників насоса:**

Середовище для змащування підшипників насоса: змазка пластинчата ЦИАТИМ – 221.

### 3 Опис конструкції насоса АЦН 250-20

Агрегат електронасосний АЦН 250-20 складається з насосу, плити фундаментної, муфти, огороження та двигуна.

Насос, двигун та огороження встановлені на загальній плиті.

Насос ЦН 250-20 – відцентровий, горизонтальний, консольний з осьовим підводом рідини та спіральним відводом, патрубків якого направлений вертикально вгору, а вісь патрубка перетинає вісь насосу. Напрямок обертання ротора насоса проти годинникової стрілки, якщо дивитись зі сторони вхідного патрубка.

Насос ЦН 250-20 – одноступеневий. Його статорна частина складається з корпусу з встановленими в ньому щілинним кільцем, торцевого ущільнення та кронштейна, а роторна частина – з вала з встановленим на ньому робочим колесом, та втулки. Робоче колесо насажене на шпонку, та зафіксоване в осьовому напрямку гайкою-обтікачем. Опорами вала є підшипники, які розташовані в кронштейні.

За допомогою стійки та лап, виконаних на корпусі, насос встановлюється на фундаментній плиті.

Принцип роботи насоса складається в перетворенні підведеної до нього механічної енергії від зовнішнього джерела (двигуна) у гідравлічну енергію потоку рідини.

Робоча рідина через вхідний патрубок потрапляє в насос. В результаті взаємодії між лопатями обертаючогося робочого колеса та потоком рідини відбувається перетворення енергії приводу в енергію потоку. В спіральному відводі відбувається перетворення енергії потоку рідини в енергію тиску.

Зі спірального відводу рідина потрапляє у напірний трубопровід (технологічну лінію).

Розвантаження ротора від осьових гідравлічних сил забезпечене використанням ущільнення робочого колеса, вирівнювання тисків перед та після колеса виконується через отвори в основному диску. Залишкові (неврівноважені) зусилля сприймаються підшипниками кочення.

Змазка підшипників ЦИАТИМ–221 – пластична.

Вона представляє собою масла, загущені милами, парафіном або іншими речовинами. При малих навантаженнях ця змазка проявляє якості твердих тіл, при окремих критичних навантаженнях деформується, а при знятті навантаження знову отримують якості твердих тіл.

Змазка ЦИАТИМ–221 отримується в результаті загустіння полісилоксанової рідини комплексним кальцієвим милом стеаринової та оцетної кислот. Відрізняється широким діапазоном температур застосування, але в якості низькотемпературної змазки зазвичай не застосовується через високу вартість. Протизносні якості погані, тому що змазку не слід застосовувати замість солідолів та змазки 1-13. У воді нерозчинна, але, поглинаючи воду з вологого повітря, ущільнюється та її експлуатаційні якості погіршуються.

В якості приводу насоса застосовуються асинхронний двигун АМУ180S4.

Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється втулково-пальцеву муфтою (МПВП), з огороженням.

## 4 Опис проблеми насосів типу К

Одним із суттєвих недоліків консольних насосів є нестабільна форма напірної характеристики. При паралельній роботі насосів, западає форма напірної характеристики може стати перешкодою до їх застосування, на рисунку 4.1 показано западання напірної характеристики, червоним прямокутником виділено нестабільну ділянку напірної характеристики.

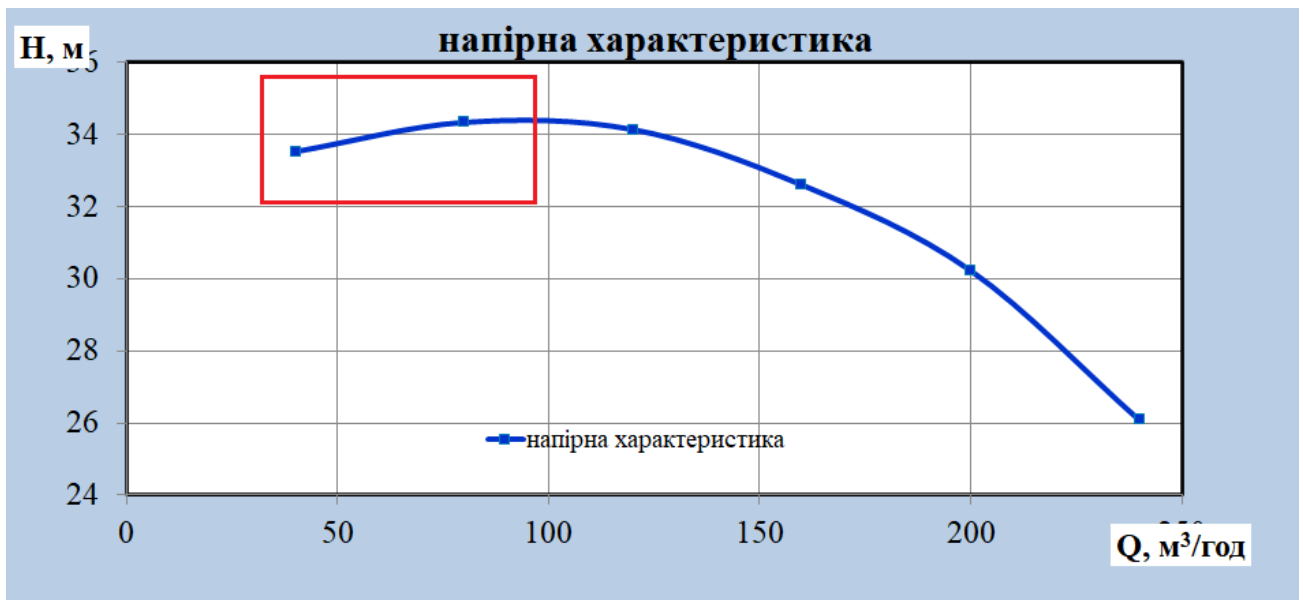


Рисунок 4.1 – Нестабільна напірна характеристика

На даний момент не існує єдиної думки і надійних рекомендацій щодо усунення нестабільної форми напірної характеристики консольних насосів. Тому дослідження, спрямоване на встановлення впливу елементів конструкції на форму напірної характеристики консольного насоса є актуальним.

## 5 Огляд літератури

Дослідження цієї проблеми почалися на початку 1990-х років. Стюарт виявив попереднє закручення течії за допомогою спеціального ротометра. Степанов [20] пояснив виникнення попереднього закручення течії його «принципом найменшого сопроотивления», який припускає, що рідина рухається до вхідної воронки робочого колеса по шляху найменшого опору.

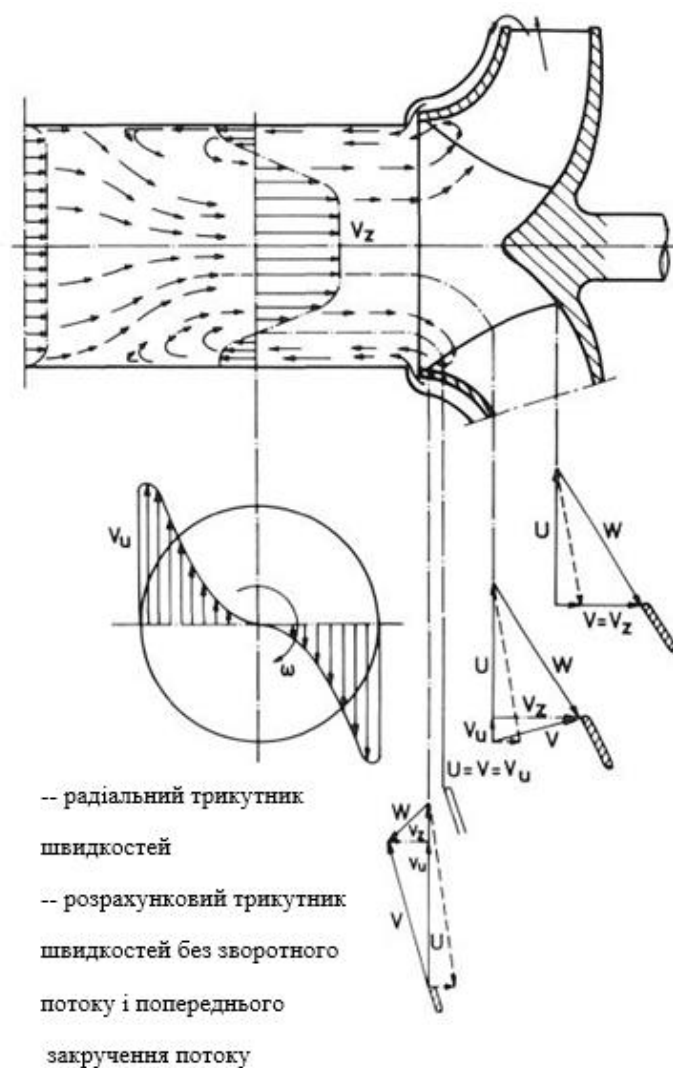


Рисунок 5.1 – Попереднє закручення течії та зворотна течія

## 5.1 Робота насоса на режимах часткових витрат і нестабільна форма характеристики

Форма і крутизна напірної характеристики насамперед визначається коефіцієнтом швидкохідності проточної частини,  $n_s$ . Коефіцієнт швидкохідності - це критерій подібності лопатевих гідромашин, який залежить від параметрів і визначається за формулою:

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{Q_p}}{H_{ст}^{0,75}} \quad (5.1)$$

де  $n$  – частота обертання ротора насоса, об/хв;

$Q_p$  – розрахункова подача ступені, м<sup>3</sup>/с;

$H_{ст}$  – напір ступеня, м.

На рисунку 5.2 приведена залежність форми і крутизни напірної характеристики від коефіцієнта швидкохідності насоса.

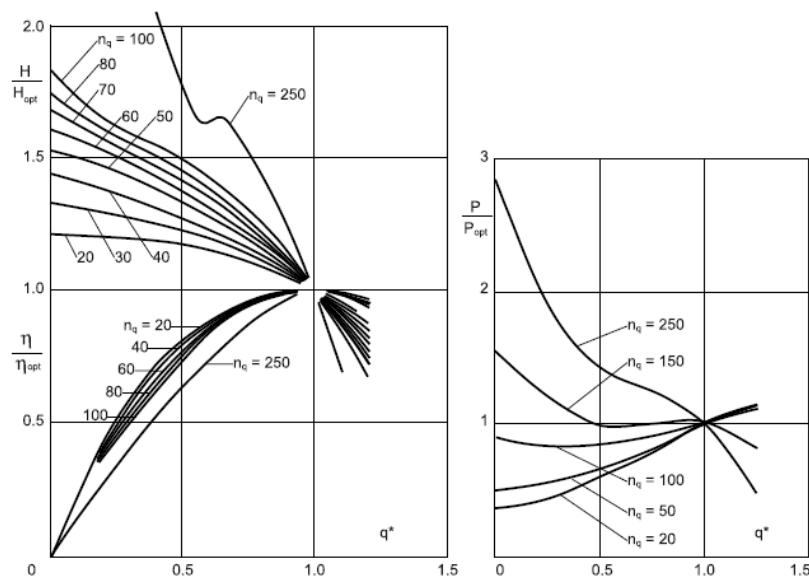


Рисунок 5.2 – Вплив питомої швидкості  $n_q$  на характеристики насоса [1]

В роботі Ф.А.Е. Бреугельманса [14] була розглянута робоча характеристика гідравлічної машини у виді кривої, яка проходить крізь різні квадрати ( $\pm H, \pm Q$ ) в площині. Схематичне зображення такої кривої є на рисунку 5.3, де зображено постійні лінії частоти обертання  $N = +N_1, -N_1$  і  $0$ , а також нульовий крутний момент та крива крутного моменту  $+N_1$ . Коли відцентровий насос працює в режимі часткової подачі (умова між точкою максимального К.К.Д. та напором при нульовій подачі), течія в підводі починає обертатись разом з робочим колесом, та в результаті цього, біля краю стінок підводу починає виникати зворотній потік, який направлений від робочого колеса назад в підвід.

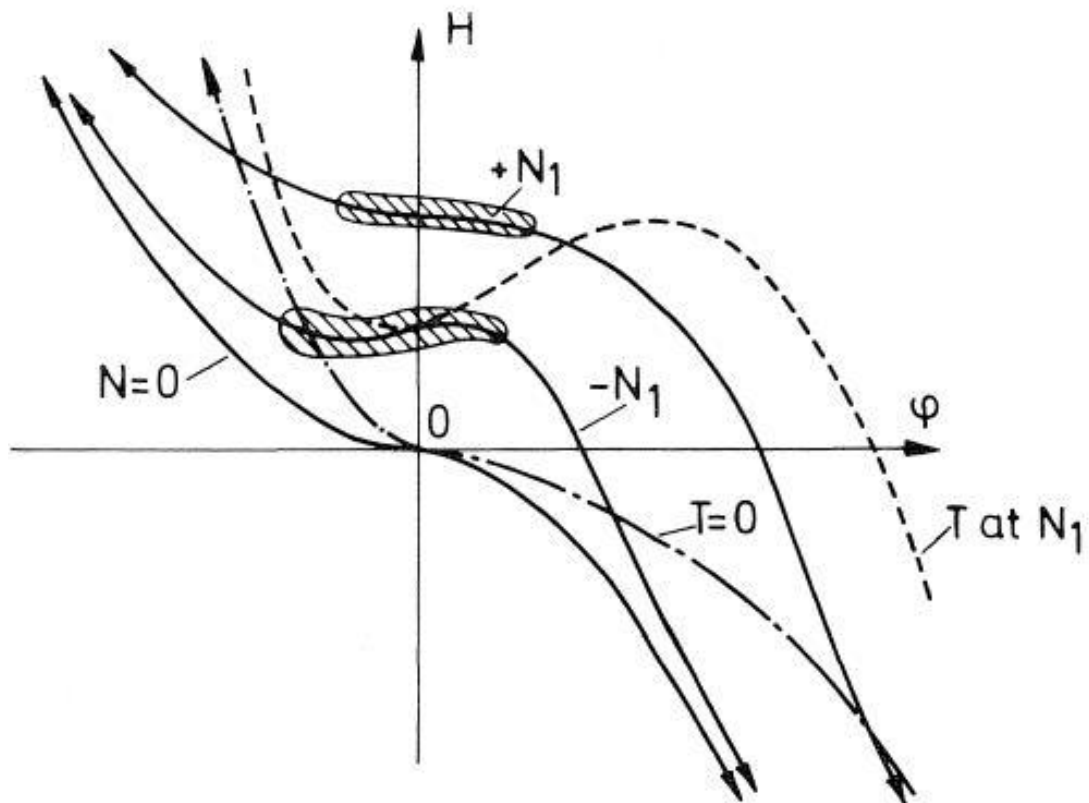


Рисунок 5.3 – Характеристика гідравлічної машини

Підвищення статичного тиску, який діє на стінки підводу, рівень шуму та вібрацій, ерозії лопаті і деталей статора вказують на наявність попереднього

закручення течії та зворотної течії. Такі признаки розглядаються в [24]. Втрати енергії, які були викликані зворотною течією, мають важливе значення для напору і потужності насоса. Коливання тиску та швидкості є фактичними причинами механічних пошкоджень. Тому велике значення має збільшення робочого діапазону відцентрового насосу без присутності рециркуляції (зворотної течії).

Нестабільність течії в насосі можливо розділити на три категорії:

- Незначні нестабільності течії, такі як сліди за лопаттю і область коливань течії між лопаттями, яка впливає на передачу енергії від механічних деталей до рідини.
- Нестабільність течії середнього масштабу, такі як попереднє закручення течії, в конструкціях з більш ніж одною лопаттю, або зрив течії, що обертається в компресорі.
- Масштабні нестабільності течії, такі як неконтрольовані коливання всієї системи. Зміна подачі, які спостерігаються з точки зору загальної системи.

Ф.А.Е. Бреугельманс [14] запропонував розглянути задану осьову ділянку підвода та продовжити зменшувати подачу. Коли подача зменшиться на певну величину, на цій ділянці течія раптово становиться тривимірним. Ця течія має негативну осьову складову швидкості течії по краю підвода (зворотна течія – рециркуляція), та течія направлена до внутрішньої частини підводу. Розглянута течія має загальний вихровий характер, коли тангенціальна складова має максимальне значення поблизу стінок і регулярно зменшується в напрямку осі обертання.



Теоретичний напір робочого колеса визначається різницею циркуляцій на вході і на виході:

$$H_t = \frac{\omega}{g} (r_2 v_{2u} - r_1 v_{1u}) \quad (5.2)$$

де  $\omega$  – окружна швидкість обертання робочого колеса, рад/с;

$r_2$  – радіус на виході робочого колеса, м;

$v_{2u}$  - окружна складова швидкості на виході робочого колеса, м/с;

$r_1$  – радіус на вході робочого колеса, м;

$v_{1u}$  - окружна складова швидкості на вході робочого колеса, м/с.

Відповідно до рівняння теоретичного напору, на форму і крутизну напірної характеристики впливають як параметри на виході робочого колеса, так і параметри на вході в робоче колесо. Параметри потоку на вході в робоче колесо створює геометрія підводить пристрою. У консольних насосах в основному застосовується осьовий підвід. Вважається, що осьовий підвід не створює на вході в робоче колесо момент швидкості. тобто:  $v_{1u}r_1 = 0$  м<sup>2</sup>/с.

Спостереження різних авторів [2, 3, 4, 5, 6, 7] показують, що на режимах подач потік на вході в консольний насос можна вважати осьовим. Але при зменшенні подачі при певних критичних витратах, поблизу покривного диска починає утворюватися вихор, з'являються зворотні течії. Дане явище багато авторів називають явищем рециркуляції [2, 6, 8, 9, 10]. В основному, нестабільні ділянки напірної характеристики з'являються саме на подачах, менших критичної подачі початку рециркуляції.

Дослідження різних авторів [8, 9, 10] показали, що явище рециркуляції виникає в насосі як на вході, так і на виході з робочого колеса. У деяких роботах автори вказують, що величина критичної подачі однакова для входу і виходу, а деякі стверджують, що величина критичної подачі на виході ближче до оптимального режиму ніж величина критичної подачі на вході.

В роботі Швайгера [11] проводилося дослідження зміни інтенсивності зворотних течій в залежності від кількості лопатей робочого колеса, діаметра вхідної воронки робочого колеса і початкового діаметра спірального відводу. Спостереження проводилися на повітрі. При нульовій подачі спостерігалася «мертва» зона, в якій практично були відсутні ознаки течії. При збільшенні діаметра підведення ця зона збільшувалася. Також відзначалося незначне вплив на розмір даної зони кількості лопатей і діаметра спірального відводу.

В роботі Льюсуейт і Ворстер [12] повідомлялося, що неможливо поліпшити форму напірної характеристики за допомогою напрямних лопаток в підводі. Жодне з пристроїв з направляючими лопатками, які вони запропонували, позбавила змоги усунути западання напірної характеристики. Варіанти лопаток з роботи Льюсуейт і Ворстер [12] показані на рисунку 5.3.

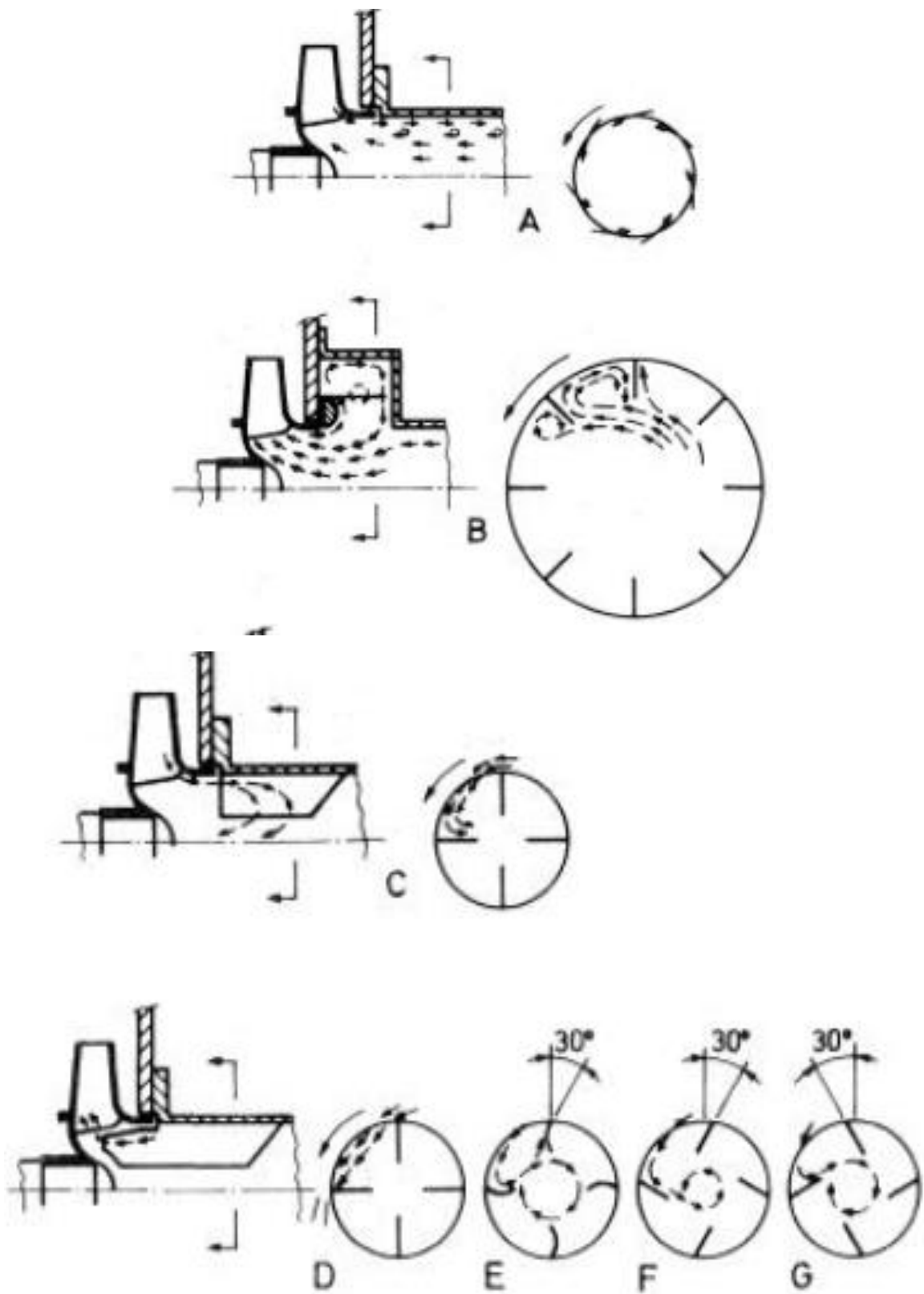


Рисунок 5.3 – Варіанти напрямних лопаток на вході в робоче колесо консольного насоса [12]

Шмайдром [13] були отримані протилежні результати для діагональних ступенів. Всі варіанти напрямних лопаток на вході в ступінь показали поліпшення форми напірної характеристики. Результати, отримані в роботі [13] показано на рисунку 5.4.

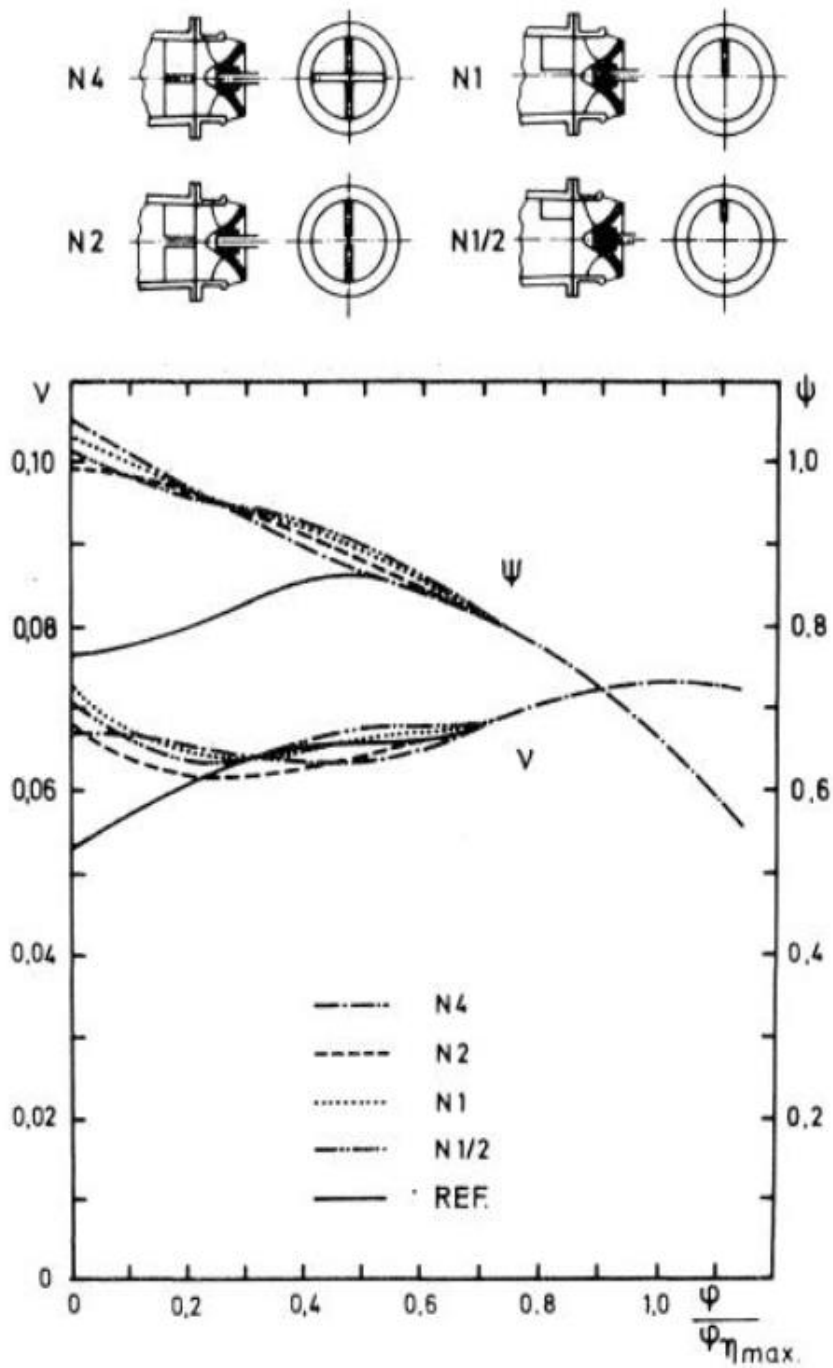


Рисунок 5.4 – Вплив напрямних лопаток на вході в насос на форму характеристик діагонального насоса [13]

В роботі Бреугельманса і Сена [14] досліджувався вплив на форму напірної характеристики і на величину критичної подачі конструкції підведення і вхідних ділянок лопатей робочого колеса. Досліджувалися декілька варіантів робочих коліс з кількістю лопатей 5, 6 і 7. Також досліджувані робочі колеса мали різну конфігурацію вхідних кромek. Дослідження Бреугельманса і Сена проводилося з зондування потоку в різних перетинах на вході в робоче колесо. На рисунку 5.5 показано порівняння характеристик з різними робочими колесами.

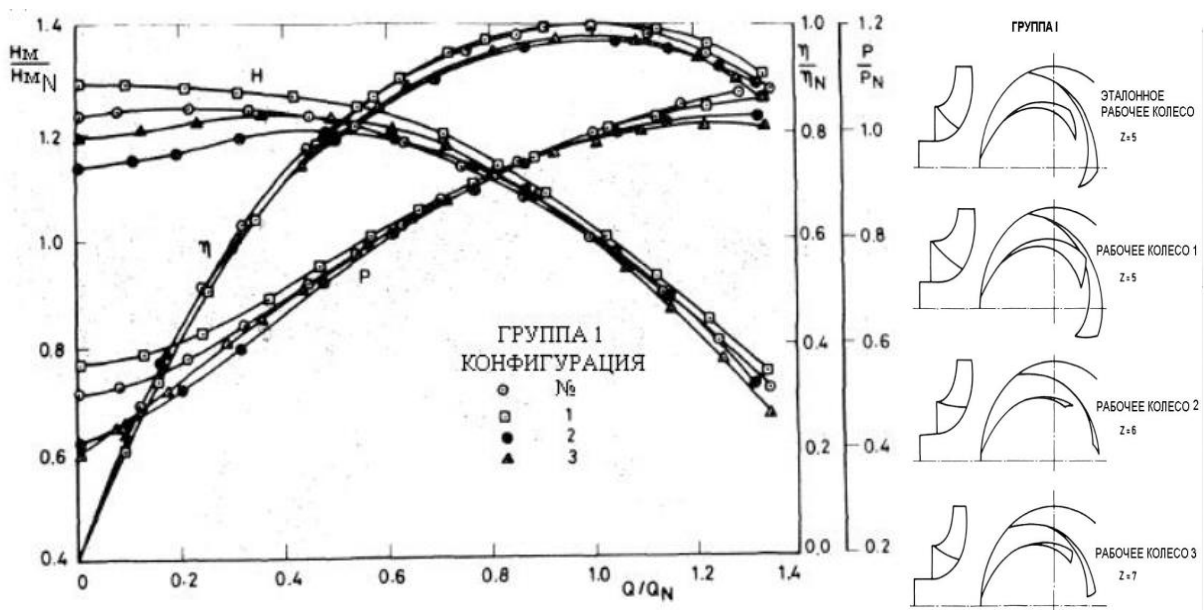


Рисунок 5.5 – Порівняння характеристик з різними робочими колесами [14]

З порівняння характеристик видно, що найкращу форму напірної кривої має робоче колесо №1 з кількістю лопатей  $Z_{рк} = 5$  і з вхідною кромкою, розташованою приблизно під кутом  $45^\circ$  до осі обертання.

Однак в даній роботі був зроблений висновок про те, що нестабільна форма напірної кривої прямо не залежить від інтенсивності потоку рециркуляції.

Дюфейс [25] в роботі дроселює течею на вході в робоче колесо двома різними способами, зберігаючи постійну площу течії, що натікає, в обох випадках. Перший спосіб полягає в тому, щоб використовувати діафрагму для дроселювання, а в другому – диск, який встановлено на валу. Критична подача і втрати, які викликані зворотною течією, були незначно зменшенні в обох випадках, але при нормальних подачах, виникає зменшення напору і К.К.Д., як показано на рисунку 5.6. Відбувається симетричний розподіл статичного тиску на стінках перед розвантажувальним пристроєм в обох випадках, але при використанні діафрагми зменшилось значення самого тиску.

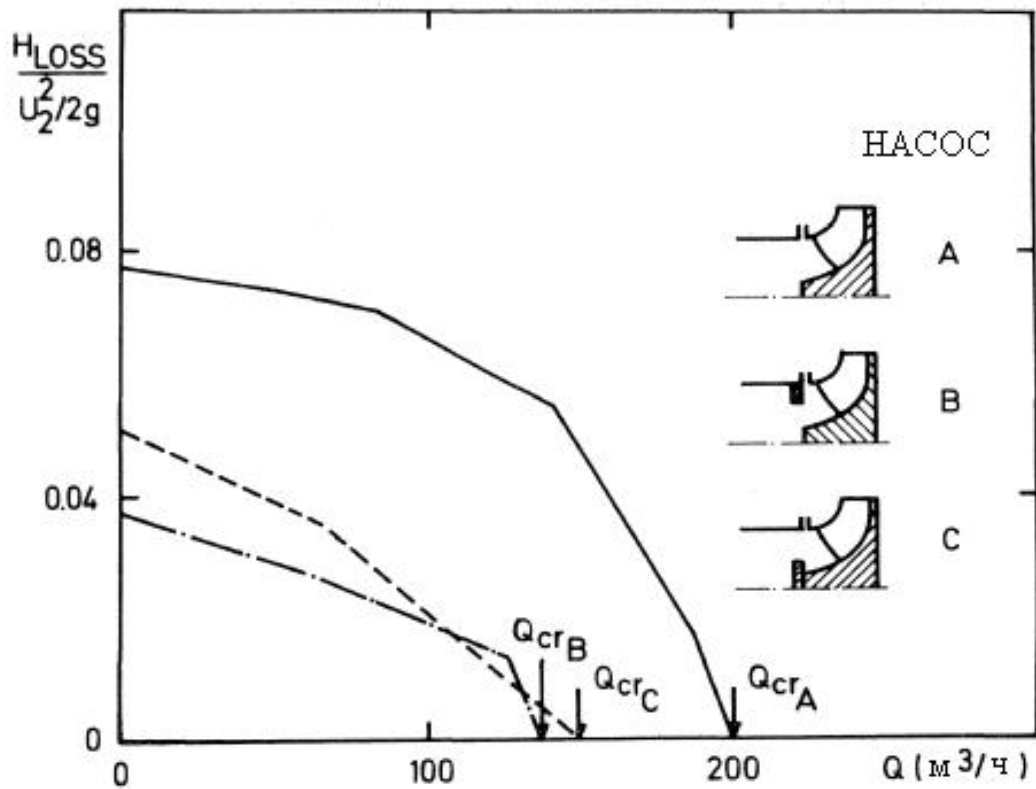


Рисунок 5.6 – Регулювання течії на вході [5].

Результати, отримані в АТ «Сумський завод» Насосенергомаш »показали, що спонтанне варіювання конструктивних елементів тільки на основі літературного огляду не дає позитивних результатів, а також не дозволяє знайти ті важелі управління, які дозволили б на стадії проектування врахувати всі чинники і застосувати потрібні важелі для отримання стабільної форми напірної характеристики.

Таким чином, необхідно проведення дослідницьких робіт з послідовною зміною геометрії підводу, щоб зрозуміти як буде впливати ці зміни на характеристики насосу.

## 6 Чисельне дослідження проточної частини консольного насоса

Об'єктом чисельного дослідження була проточна частина консольного насосу К 250-20.

Предметом дослідження була структура течії в осьовому підводі та напірна характеристика консольного насоса.

Параметри досліджуваного насоса наведені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри насоса в номінальному режимі роботи

Параметри	Позначення, розмірність параметрів	Значення
Подача насоса	$Q$ , м <sup>3</sup> /год	250
Напір	$H$ , м	20
Частота обертання ротора насоса	$n$ , об/хв	1450
Густина рідини	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	997
Зовнішній діаметр РК	$D_2$ , м	0,315

Чисельне дослідження проводилося із використанням студентської версії програмного продукту ANSYS CFX 19.2 [15, 16].

Дослідження, які були проведені у АТ «ВНДІАЕН» показали досить гарний збіг результатів чисельного розрахунку, виконаного за допомогою ANSYS CFX, з результатами зондування течії у проточних частинах відцентрових насосів, та з



результатами отримання інтегральних характеристик на експериментальних стендах [17, 18].

## 6.1 Створення розрахункової моделі

Для виконання чисельного розрахунку була створена рідкотільна модель проточної частини відцентрового консольного насоса (див. рисунок 2.1). Рідкотільна модель складається із осьового підводу, робочого колеса консольного типу, передньої пазухи з ущільненням, спірального відводу та напірного трубопроводу.

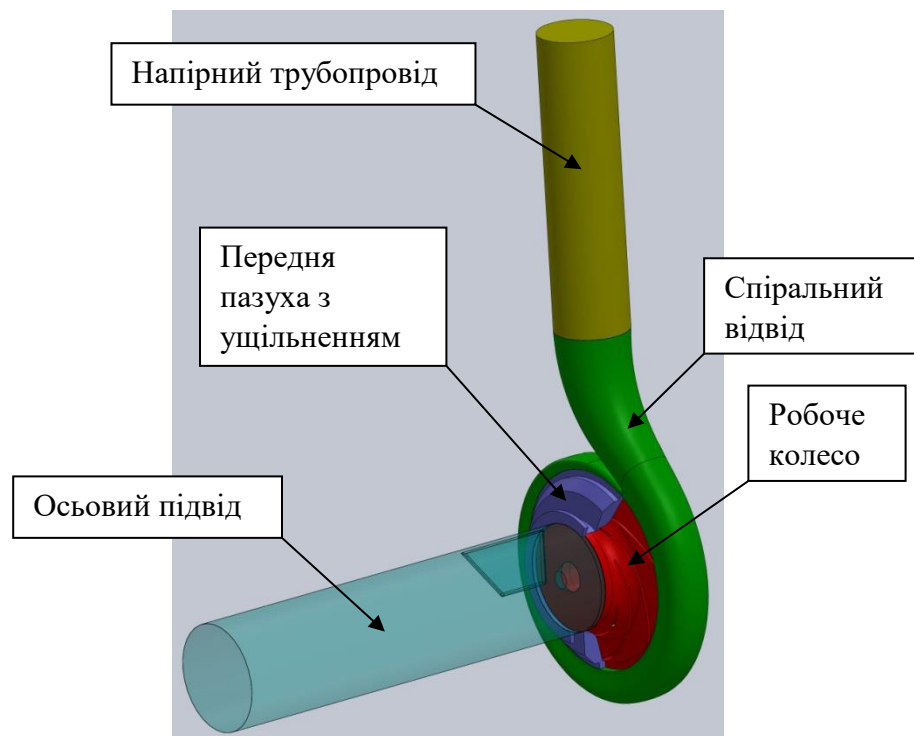


Рисунок 6.1 – Рідкотільна модель

В дослідженні розглядалось 7 варіантів підводу, з різною кількістю напрямних ребр, та різною геометрією:

- П01 – варіант без напрямних ребр;
- П02 – варіант з одним напрямним ребром;
- П03 – варіант з двома напрямними ребрами;
- П04 – варіант з чотирма напрямними ребрами;
- П05 – варіант з шістьма напрямними ребрами;
- П06 – варіант з двома напрямними ребрами з вигнутою геометрією в сторону руху робочого колеса.
- П07 – варіант з двома напрямними ребрами з вигнутою геометрією в зворотну сторону руху робочого колеса.

Розрахунок в програмному комплексі ANSYS CFX ведеться ітераційним методом на розрахунковій сітці. Тому далі було виконано побудову розрахункових сіток для елементів розрахункової області. Окремо будувалися сітки для підводу, робочого колеса, пазухи з ущільненням, спірального відводу та напірного трубопроводу. Топології розрахункових сіток наведені на рисунках 6.2 - 6.11.

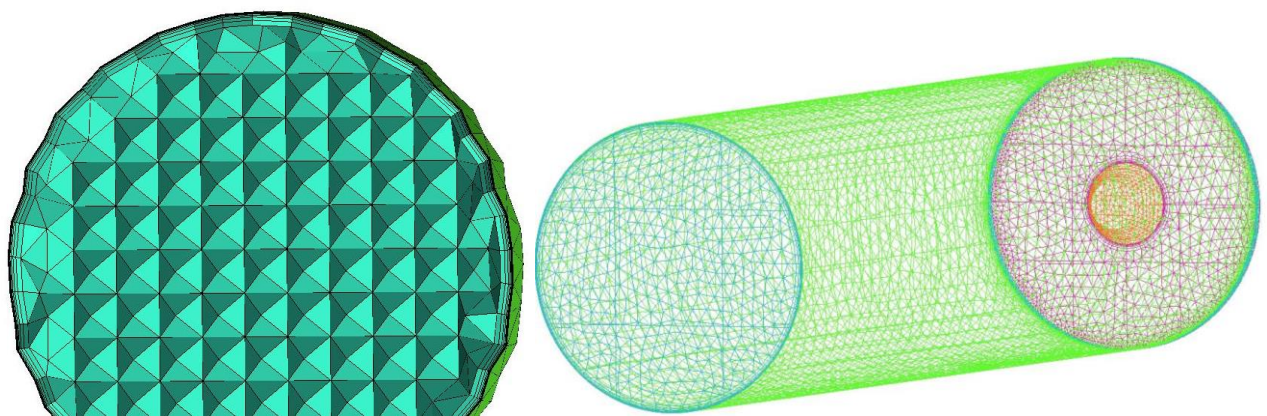


Рисунок 6.2 – Топологія розрахункової сітки для підвода П01

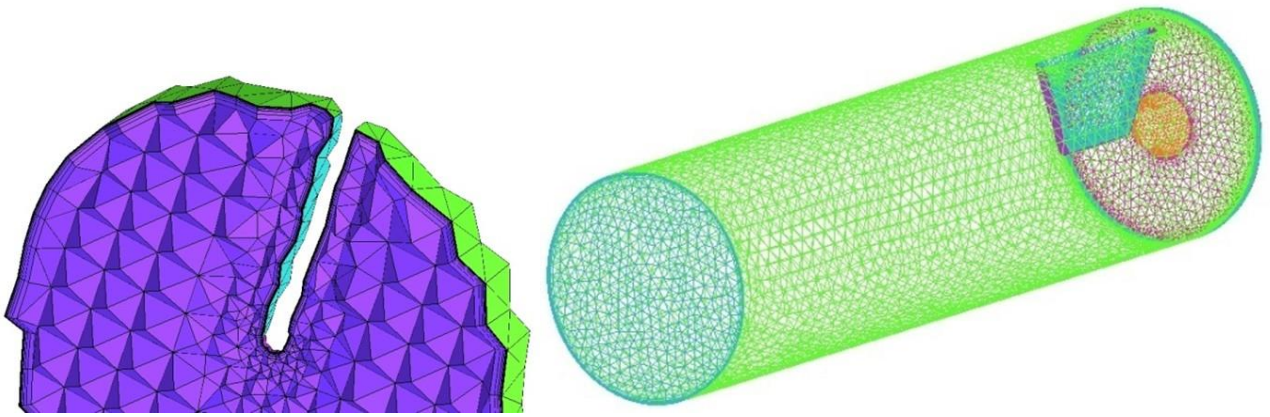


Рисунок 6.3 – Топологія розрахункової сітки для підвода П02

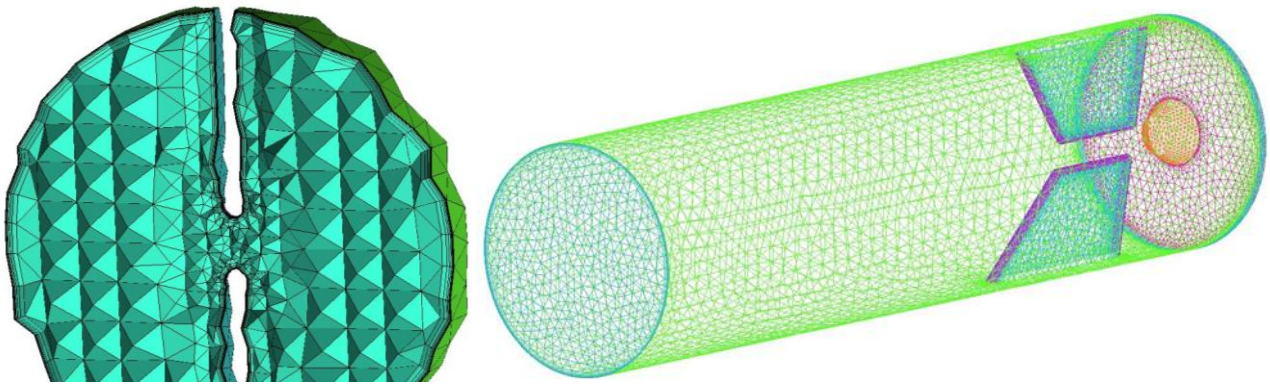


Рисунок 6.4 – Топологія розрахункової сітки для підвода П03

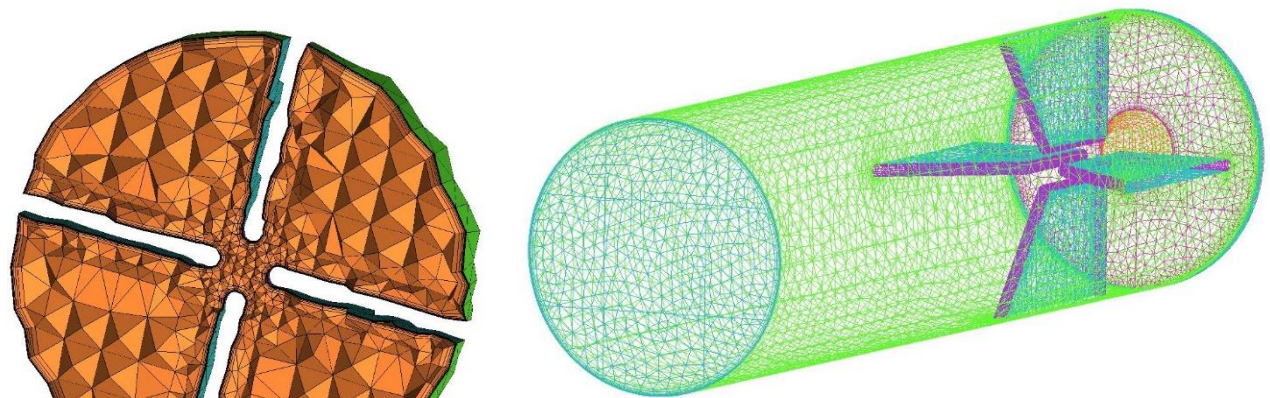


Рисунок 6.5 – Топологія розрахункової сітки для підвода П04

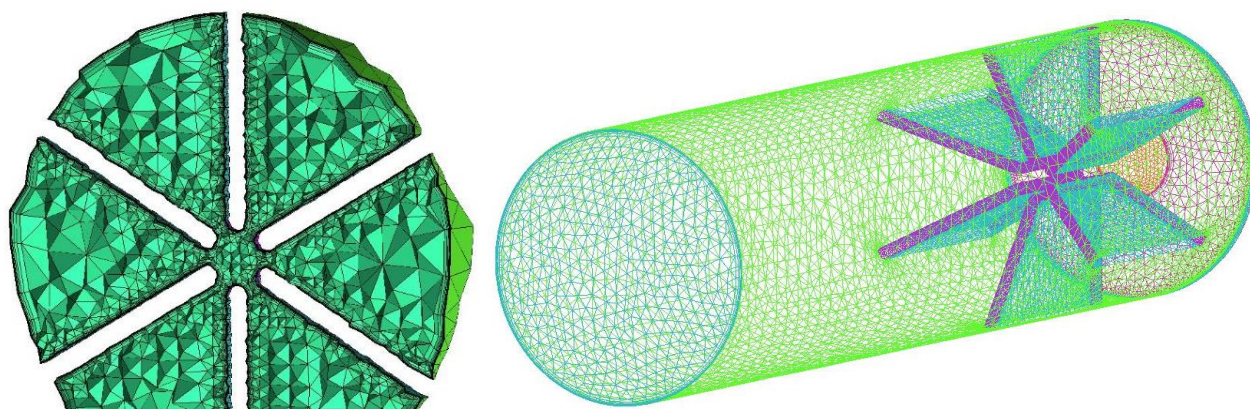


Рисунок 6.6 – Топологія розрахункової сітки для підвода П05

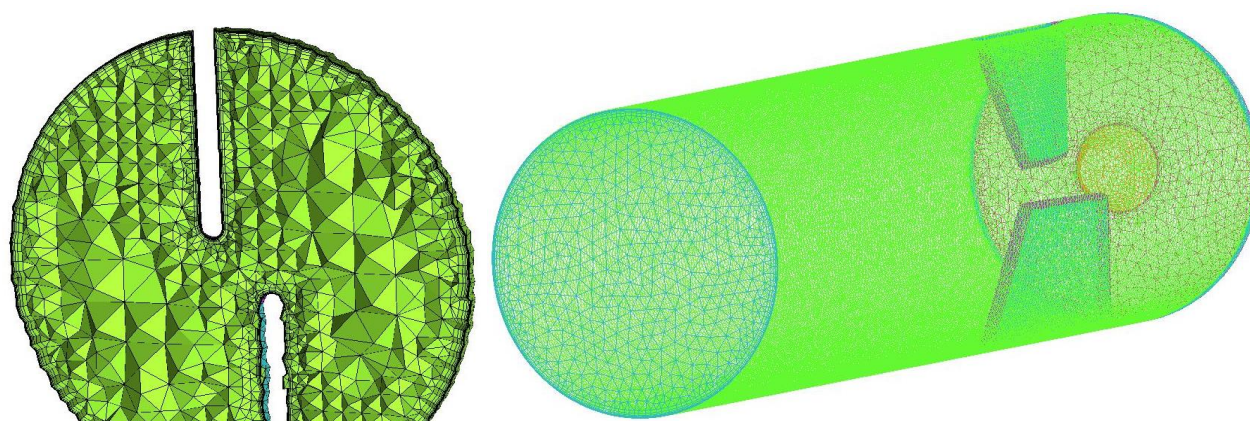


Рисунок 6.7 – Топологія розрахункової сітки для підвода П06

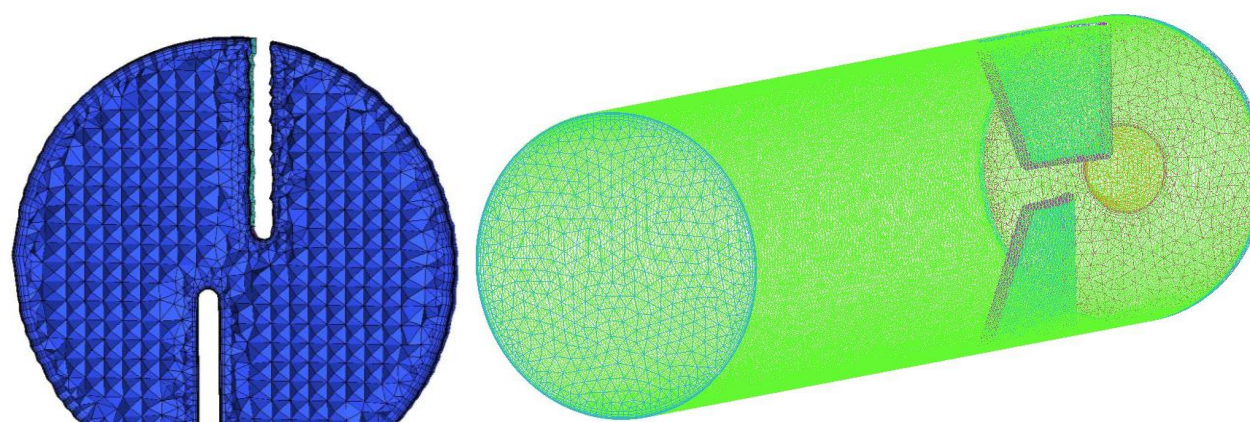


Рисунок 6.8 – Топологія розрахункової сітки для підвода П07

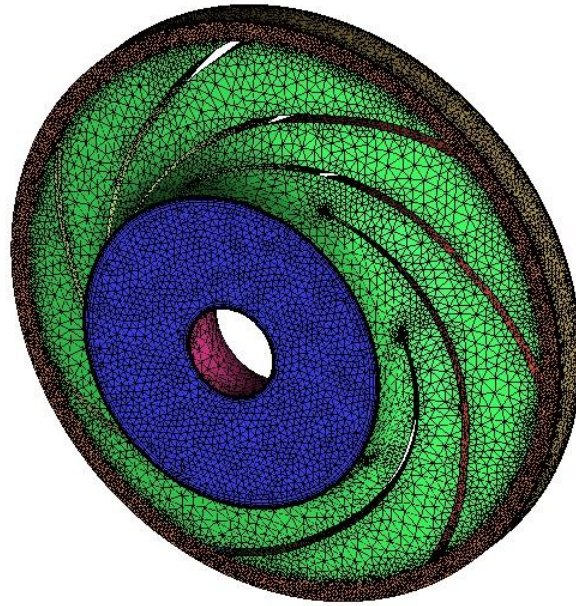


Рисунок 6.9 – Топологія розрахункової сітки для робочого колеса (362 тис. вузлів)

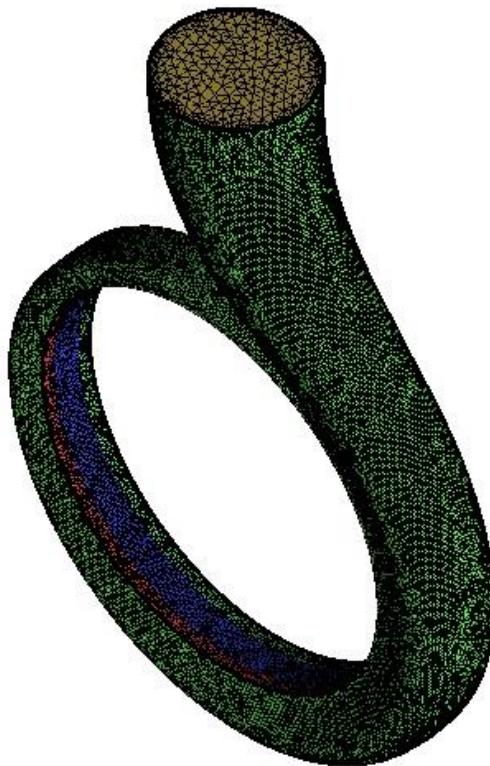


Рисунок 6.10 – Топологія розрахункової сітки для спірального відводу (318 тис. вузлів)



Рисунок 6.11 – Топологія розрахункової сітки для передньої пазухи із шпаринним ущільненням (1,4 млн. вузлів)

Загальна кількість вузлів розрахункової сітки становила приблизно 2 млн. 160 тис. вузлів.

На наступному етапі в Пре-Процесор програмного комплексу ANSYS CFX були імпортовані розрахункові сітки і визначені параметри розрахункової моделі. Загальний вигляд розрахункової моделі наведений на рисунку 6.12.

Розрахунок течії в проточній частині виконується шляхом вирішення системи рівнянь Рейнольдса для турбулентної течії та рівняння нерозривності.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u'_i u'_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] + f_i, \quad (6.1)$$

де  $u_1, u_2, u_3$  – осереднені за часом значення швидкостей;

$u'_1, u'_2, u'_3$  - пульсаційні складові швидкостей.

Для замикання системи рівнянь використовувалась стандартна k-ε модель турбулентності.

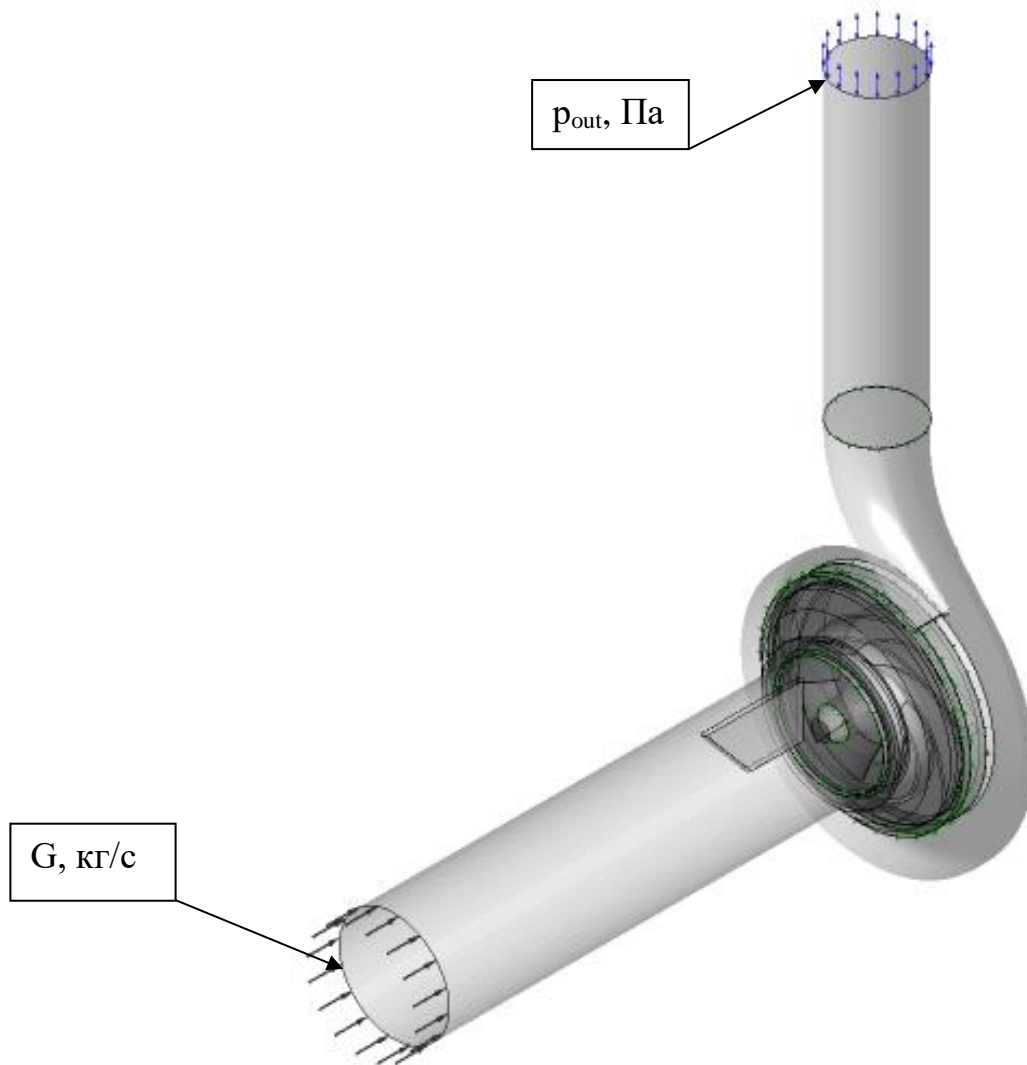


Рисунок 6.12 – Загальний вигляд розрахункової області

При застосуванні цієї моделі система рівнянь руху рідини доповнюється двома диференціальними рівняннями, які описують переніс кінетичної енергії турбулентності  $k$ , і швидкості дисипації  $\varepsilon$ .

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \bar{u}_j k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + P_k - \rho \varepsilon, \quad (6.2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho\bar{u}_j\varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\Gamma_\varepsilon \frac{\partial\varepsilon}{\partial x_j}\right) + \frac{\varepsilon}{k}(C_{\varepsilon 1}P_k - \rho C_{\varepsilon 2}\varepsilon), \quad (6.3)$$

де  $P_k = -\rho\overline{u'_i u'_j} \frac{\partial\bar{u}_i}{\partial x_j}$  – член, який виражає генерацію енергії  $k$ .

$$\Gamma_k = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}, \quad \Gamma_\varepsilon = \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}.$$

Параметри  $\varepsilon$  і  $\mu_t$  визначаються наступним чином:

$$\varepsilon = \frac{\mu}{\rho} \left( \overline{\frac{\partial u'_i}{\partial x_j}} \right)^2, \quad \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}.$$

Константи  $k - \varepsilon$  моделі, згідно роботи [19]:  $C_\mu = 0.09$ ,  $C_{\varepsilon 1} = 1.44$ ,  $C_{\varepsilon 2} = 1.92$ ,  $\sigma_k = 1.0$ ,  $\sigma_\varepsilon = 1.3$ .

При моделюванні однофазної течії в якості граничної умови на вході в розрахункову область задавалася масова витрата ( $G$ ), яка визначалась за формулою:

$$G = \rho \cdot Q, \quad (6.4)$$

де  $\rho$  – щільність рідини, що перекачується,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $Q$  – витрата через робоче колесо,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

В якості граничної умови на виході з розрахункової області задавалася величина статичного тиску, яка дорівнювала  $p_{\text{out}} = 10$  МПа. Оскільки передбачалася наявність зворотних течій на виході з розрахункової області, то тип граничної умови на виході був заданий як "opening".

Для усіх твердих стінок було задано умову рівності швидкості нулю (умова "прилипання"). Стінки були прийняті шорсткими, середнє арифметичне відхилення профілю ( $R_a$ ) складало 6,3 мкм.



Розрахунок течії проводився в стаціонарній постановці. Робоче середовище (вода за нормальних умов) вважалось нестискуваним, режим течії - турбулентний. Для замикання рівнянь Рейнольдса використовувалася стандартна k-ε модель турбулентності.

Розрахунки для кожного варіанта підводу виконувались для шістьох режимів подач:  $0,2Q_{\text{ном}}$ ,  $0,4Q_{\text{ном}}$ ,  $0,6Q_{\text{ном}}$ ,  $0,8Q_{\text{ном}}$ ,  $1,0Q_{\text{ном}}$ ,  $1,2Q_{\text{ном}}$ .

## 7 Аналіз результатів чисельного дослідження

За результатами розрахункового дослідження в кожному вузлі розрахункової сітки були отримані величини швидкостей і тисків. За допомогою приладів Пост-Процесора був проведений аналіз результатів.

Для отримання інтегральних характеристик були визначені контрольні перерізи, в яких проводилося осереднення параметрів. Контрольні перерізи наведені на рисунку 7.1.

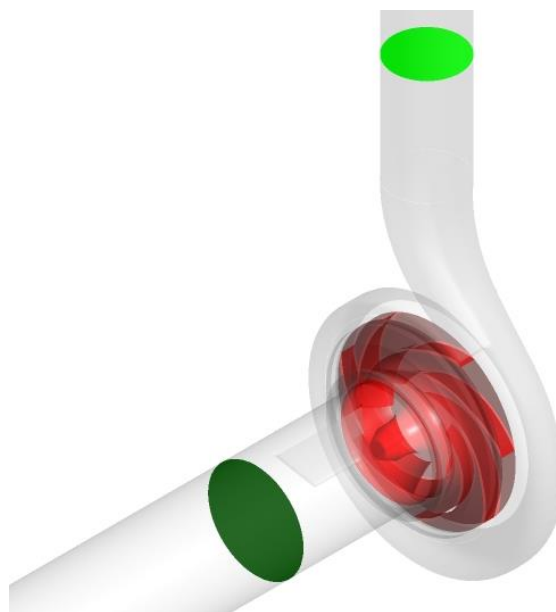


Рисунок 7.1 – Контрольні перерізи

Напір насоса визначався як різниця повних тисків на виході і на вході в насос, віднесена до питомої ваги рідини. Потужність визначалася через крутний момент на робочому колесі. ККД проточної частини визначався через відношення гідравлічної потужності до потужності, яка передається робочим колесом. На рисунку 7.2 – 7.4 наведені порівняльні характеристики насоса з семи різними варіантами підводу – без напрямних ребр (П01), з одним ребром (П02), з

двома ребрами (П03), з чотирма ребрами (П04), з шістьма ребрами (П05), з двома вигнутими ребрами в сторону крутного моменту робочого колеса (П06), та з двома ребрами в протилежну сторону крутного моменту робочого колеса (П07).

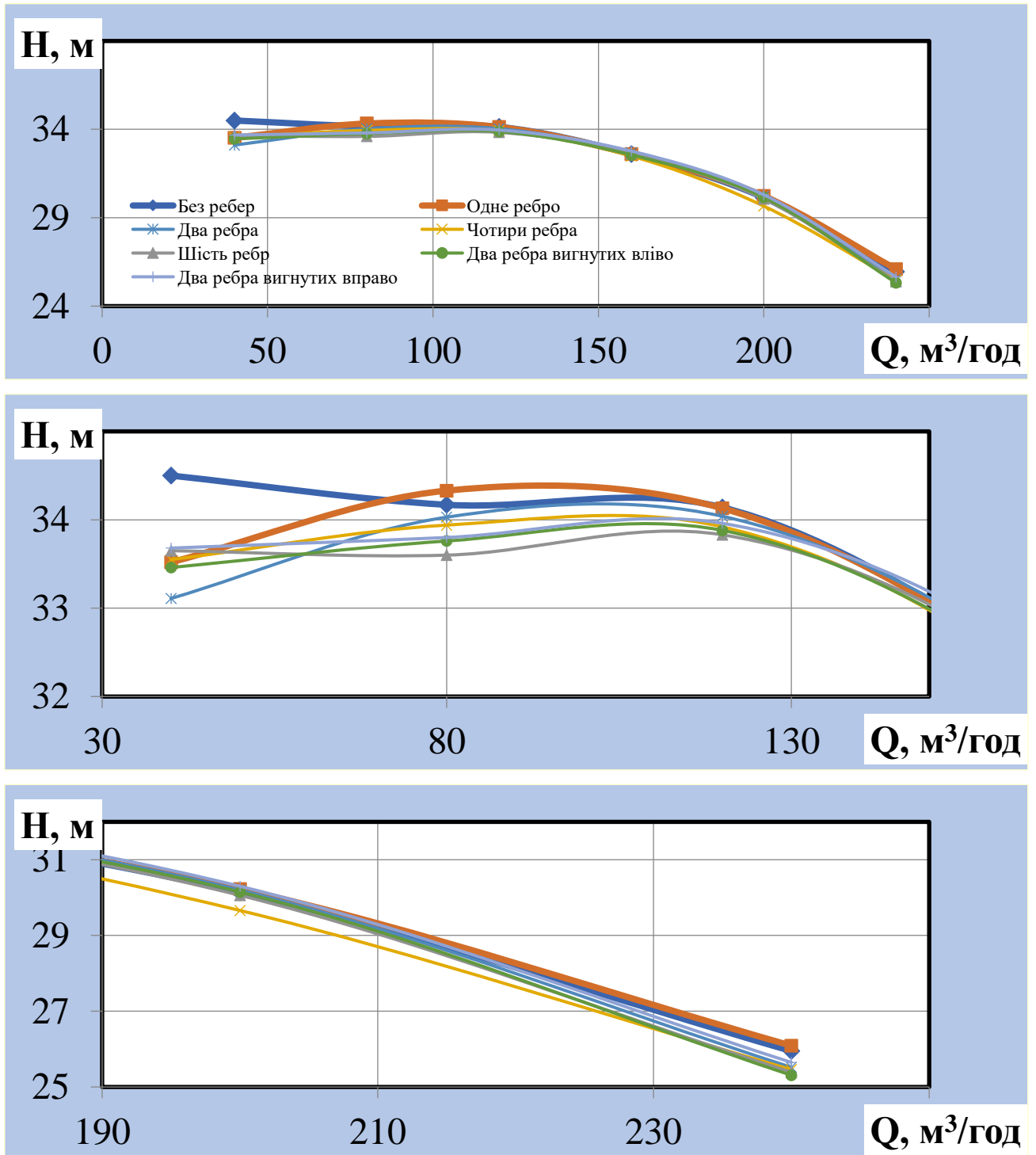


Рисунок 7.1 – Порівняльна напірна характеристика насосу з різними варіантами підводу

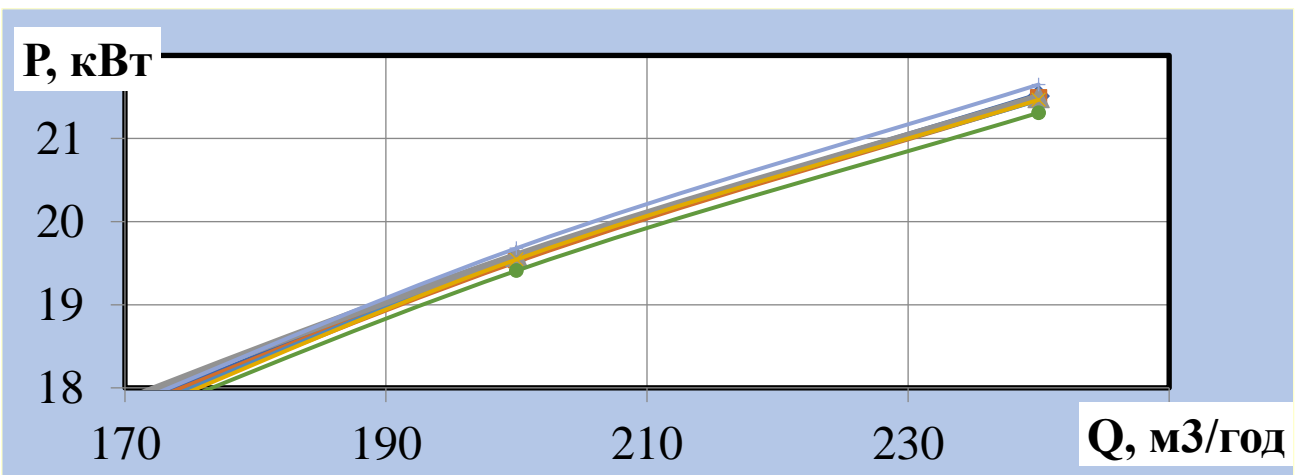
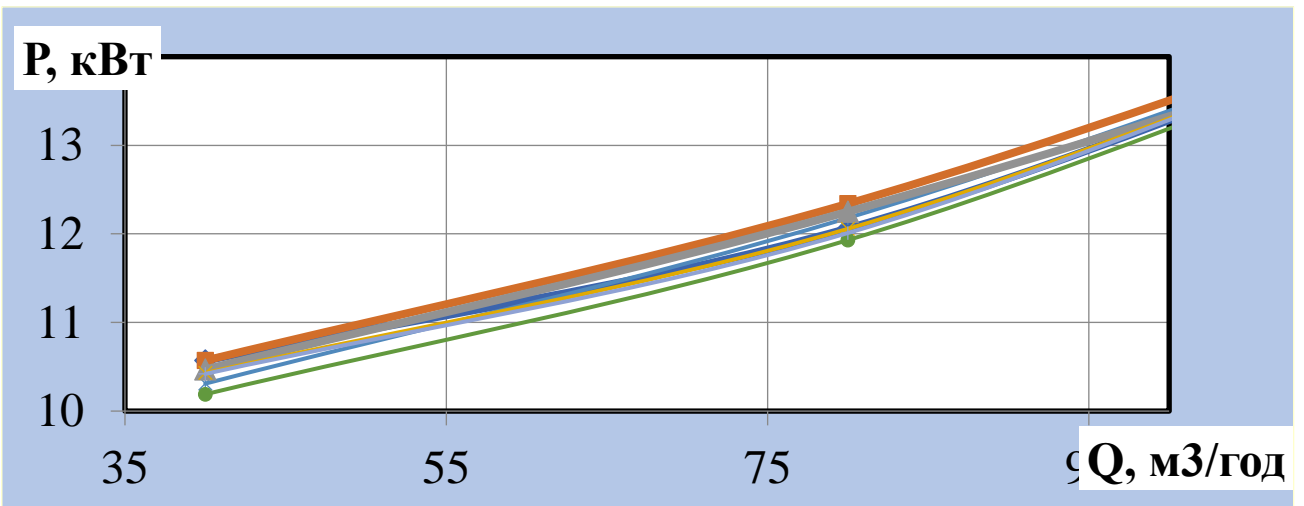
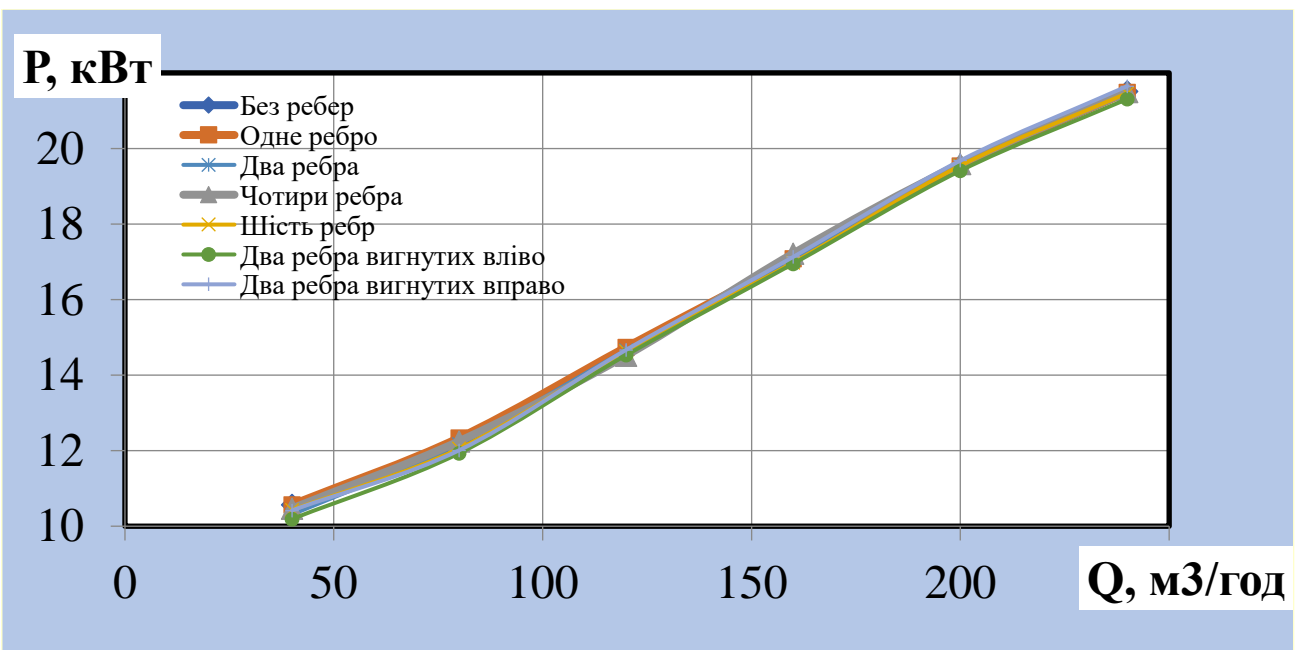


Рисунок 7.3 – Порівняльна характеристика тисків в насосі з різними варіантами підводу

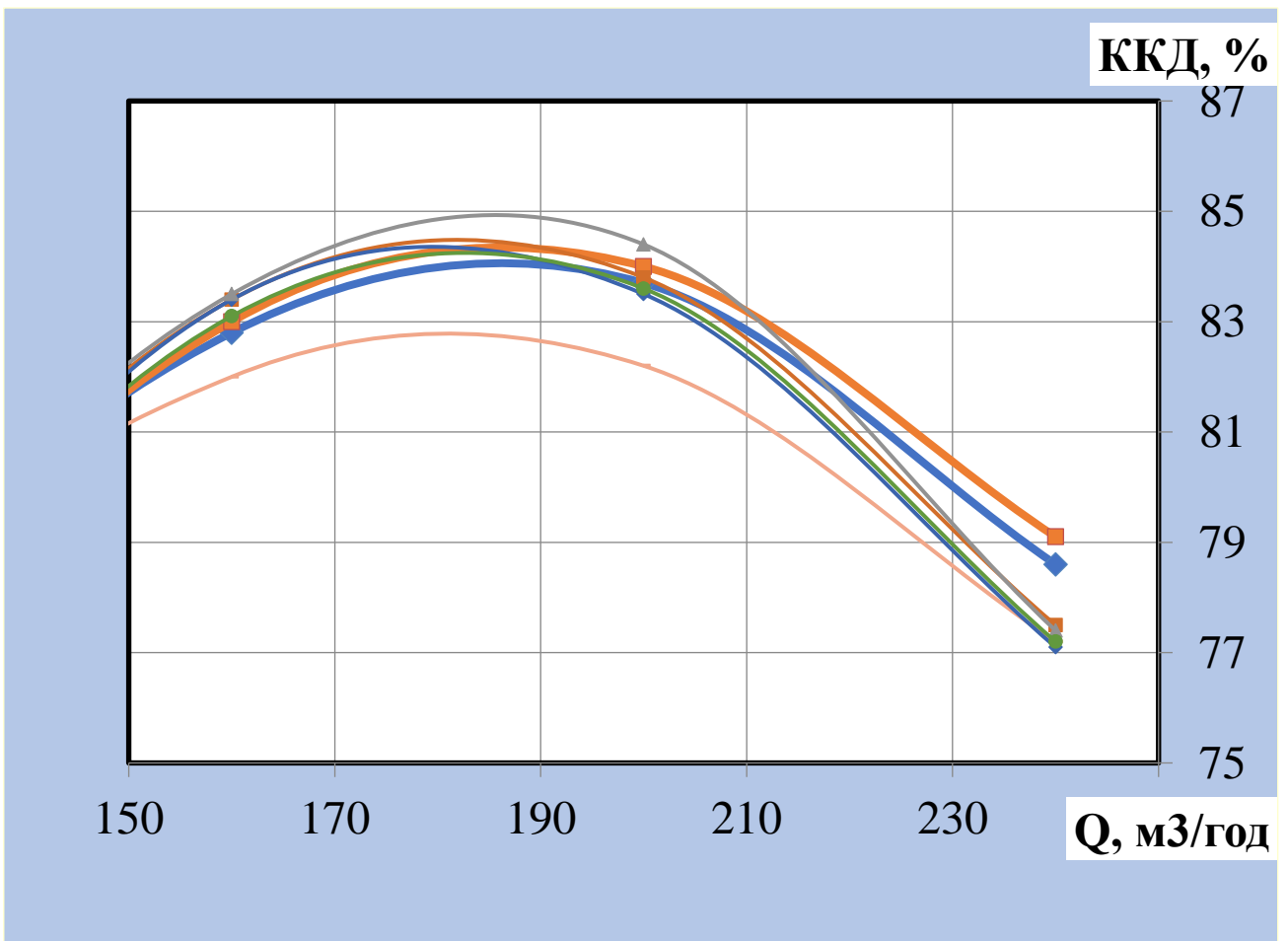
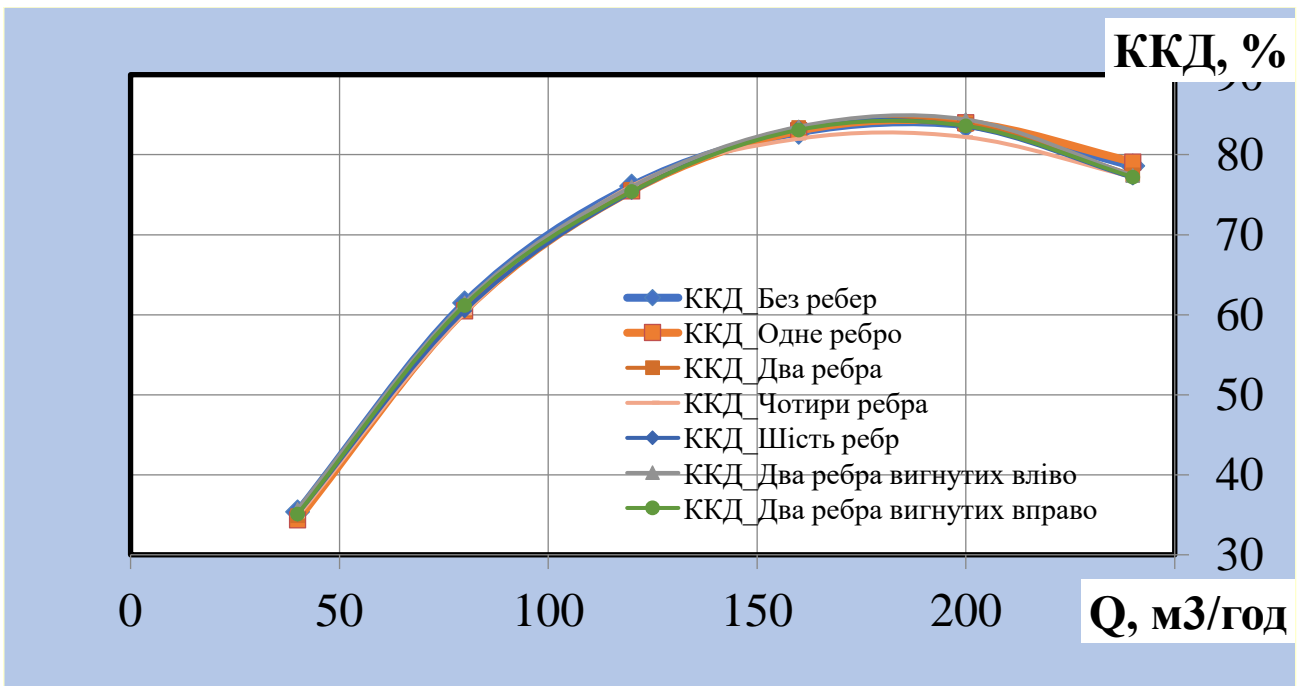


Рисунок 7.4 – Порівняльна характеристика ККД насосу з різними варіантами підводу

Слід відмітити, що у варіантах підводу з ребрами на вході з'являються нестабільні ділянки в напірній характеристиці насоса, але варіанти підводу П04 і П06 мають незначне западання напірної характеристики та можуть використовуватись. Також слід відмітити, що ККД насосу з різними варіантами підводу змінюється, найвищий ККД має насос з варіантом підводу П06.

Для отримання епюр швидкостей у Пост-процесорі були побудовані поверхні на вході в робоче колесо для аналізу розподілу швидкостей (рисунок 7.5).

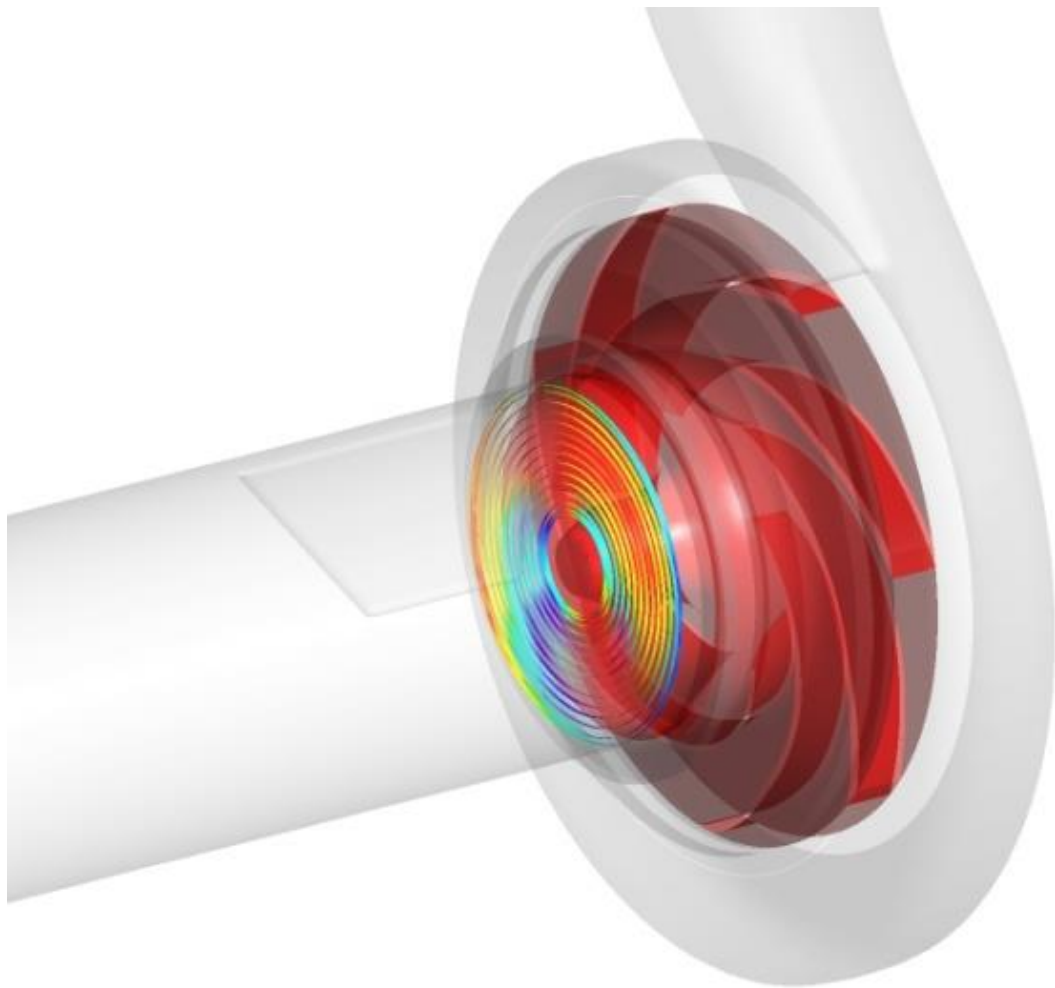


Рисунок 7.5 - поверхні на вході в робоче колесо

На рисунках 7.6 - 7.9 наведені епюри меридіанної складової швидкостей на вході в робоче колесо на різних режимах подачі.

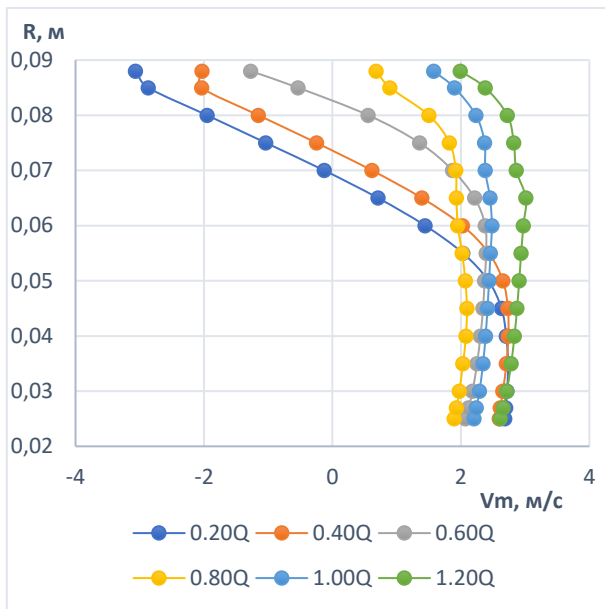
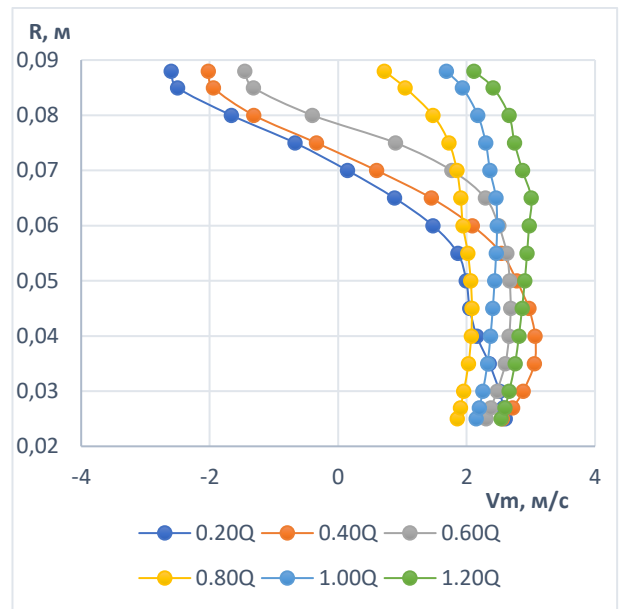
**П01****П02**

Рисунок 7.6 – епюри меридіанної складових абсолютної швидкості для варіантів підводу П01 і П02

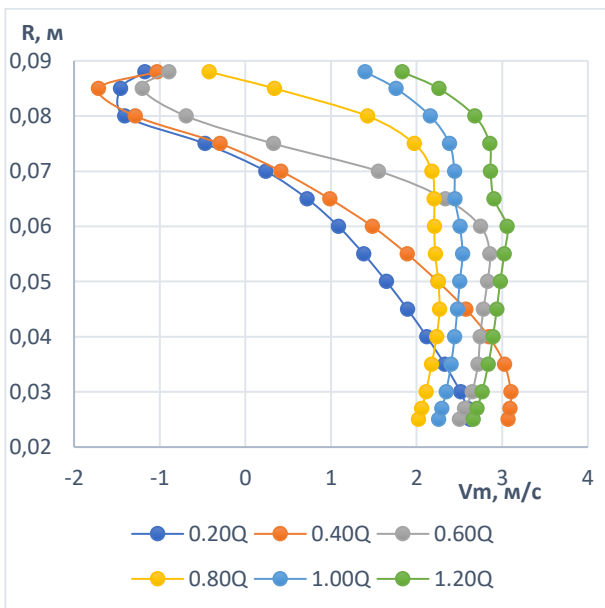
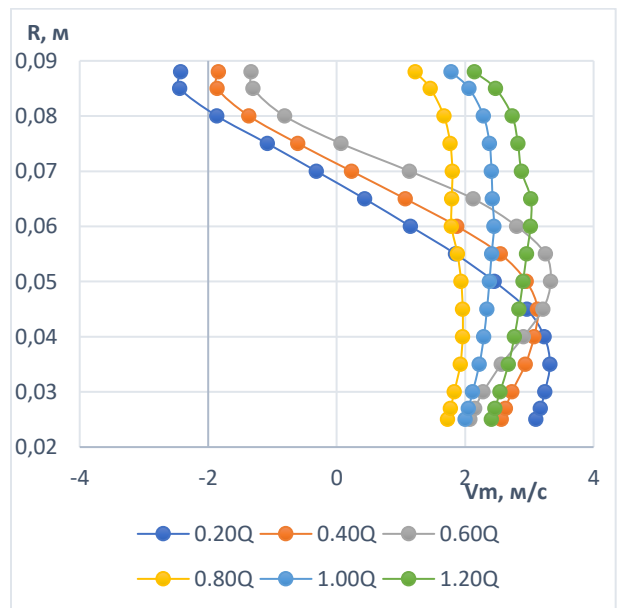
**П03****П04**

Рисунок 7.7 – епюри меридіанної складової абсолютної швидкості для варіантів підводу П03 і П04

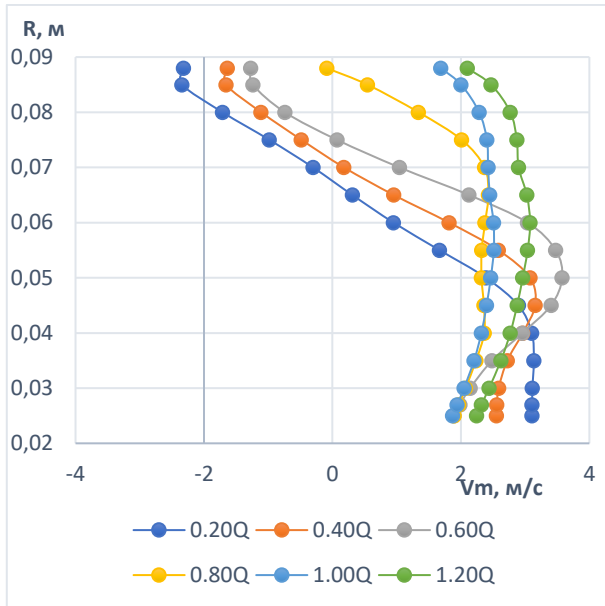
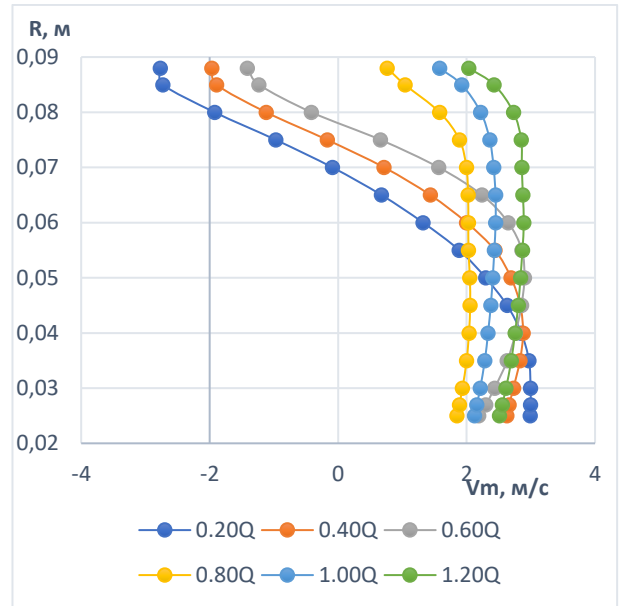
**П05****П06**

Рисунок 7.8 – епюри меридіанної складової абсолютної швидкості для варіантів підводу П05 і П06

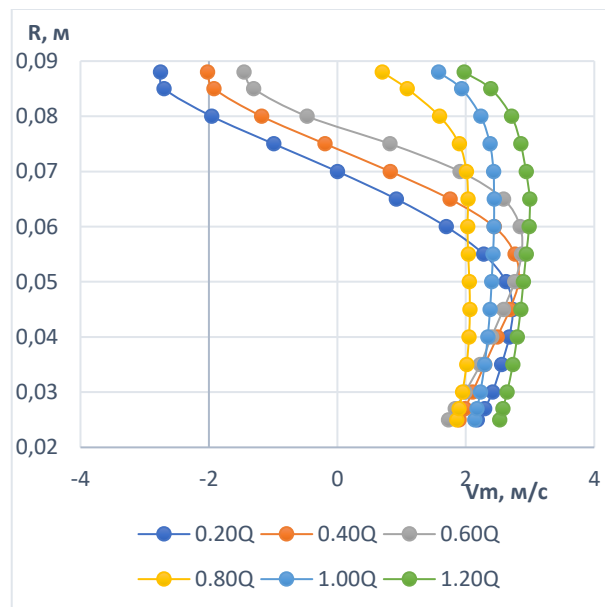
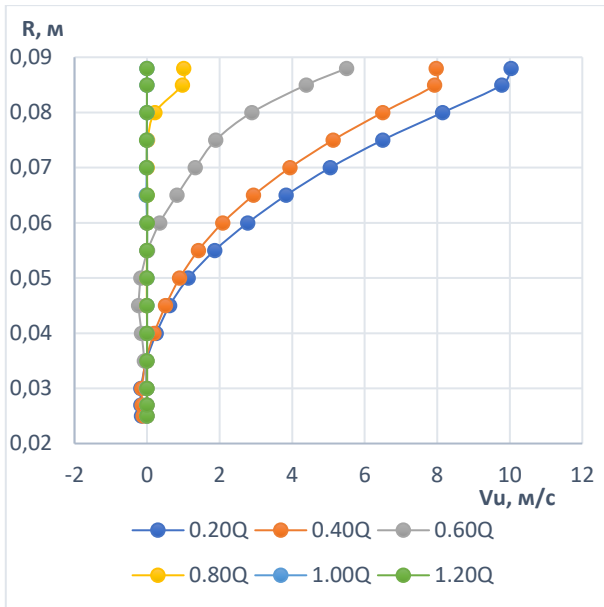
**П07**

Рисунок 7.9 – епюри меридіанної складової абсолютної швидкості для варіантів підводу П07



На рисунках 7.10 - 7.13 наведені епюри колової складової швидкостей на вході в робоче колесо на різних режимах подачі.

**П01**



**П02**

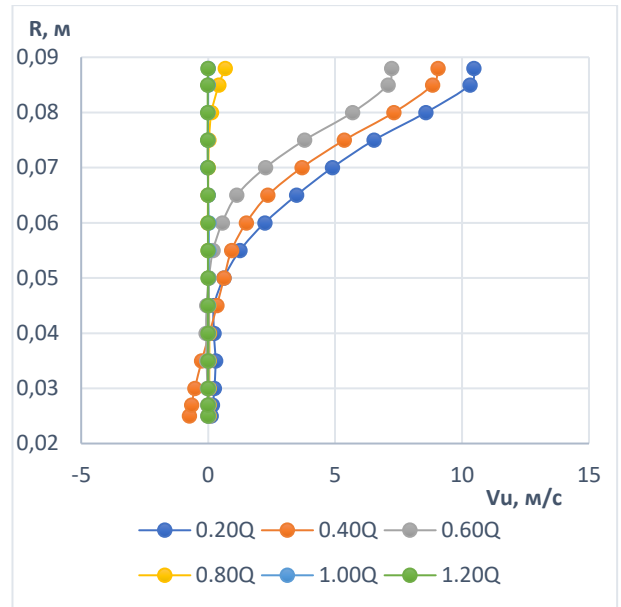
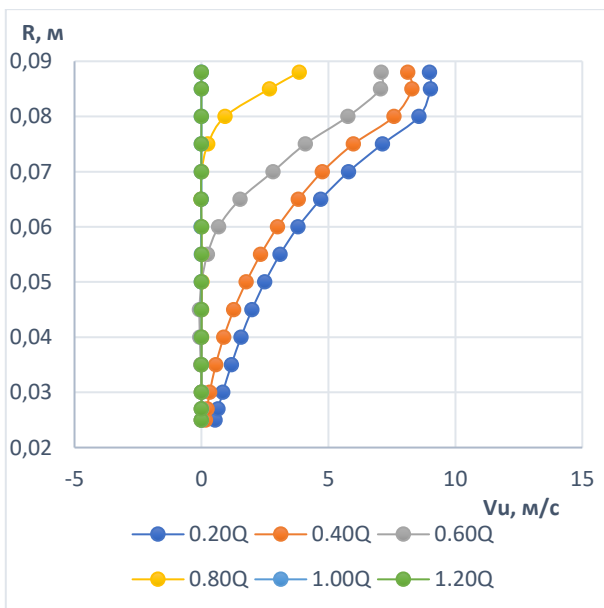


Рисунок 7.10 – епюри колової складової абсолютної швидкості для варіантів підводу П01 і П02

**П03**



**П04**

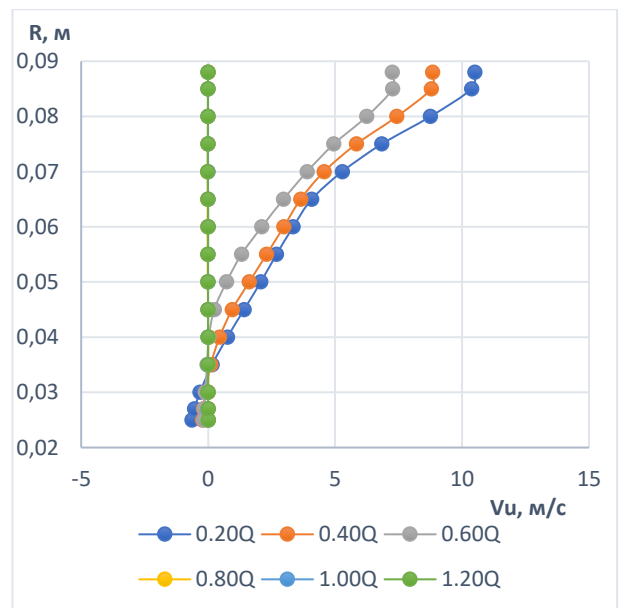
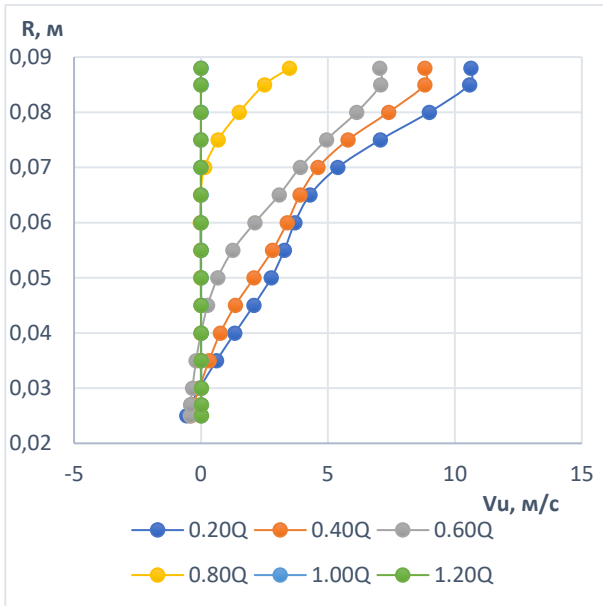


Рисунок 7.11 – епюри колової складової абсолютної швидкості для варіантів підводу П03 і П04

### П05



### П06

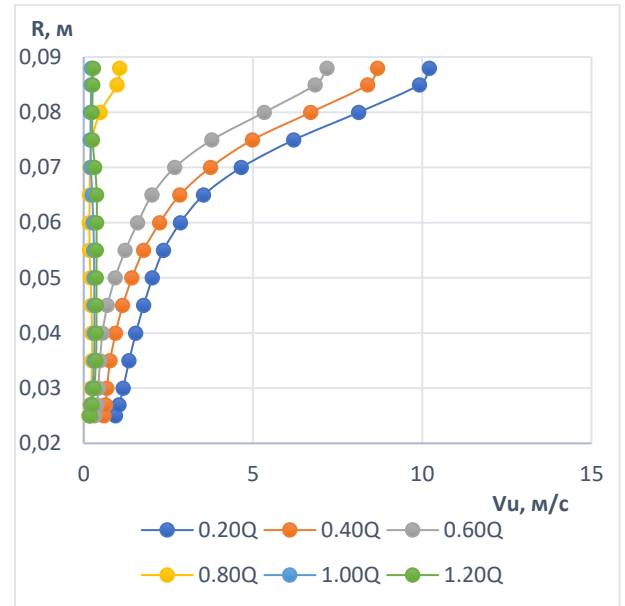


Рисунок 7.12 – епюри колової складової абсолютної швидкості для варіантів підводу П05 і П06

### П07

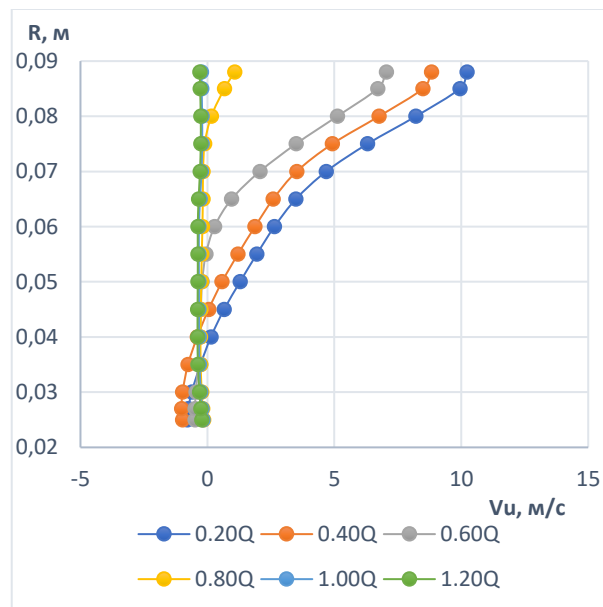


Рисунок 7.13 – епюри колової складової абсолютної швидкості для варіантів підводу П06

Аналізуючи отримані епюри швидкостей можна відмітити, що для всіх варіантів підводу величина критичної подачі початку розвитку рециркуляції знаходиться між режимами подач  $0,6Q_{\text{ном}}$  та  $0,8Q_{\text{ном}}$ . Про це свідчить відхилення епюр швидкості.

На рисунках 7.14 – 7.16 наведено порівняння епюр колової складової швидкостей на вході в робоче колесо для П01 – П07 підводу на режимах роботи  $0,2Q$  -  $0,6Q$  -  $1Q$ .

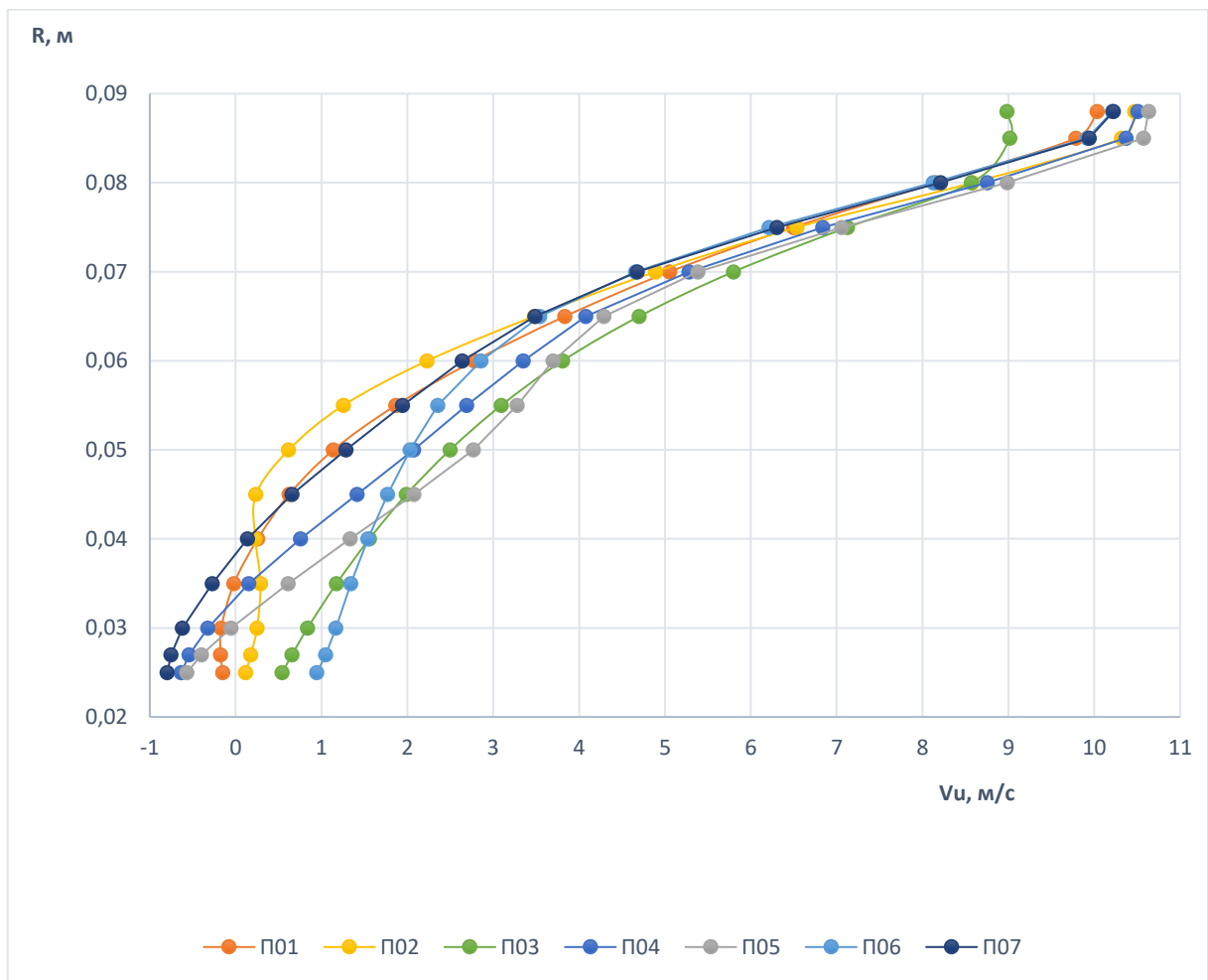


Рисунок 7.14 – порівняльні епюри колової складової швидкості для варіантів підводу П01 - П07 на режимі роботи  $0,2Q$

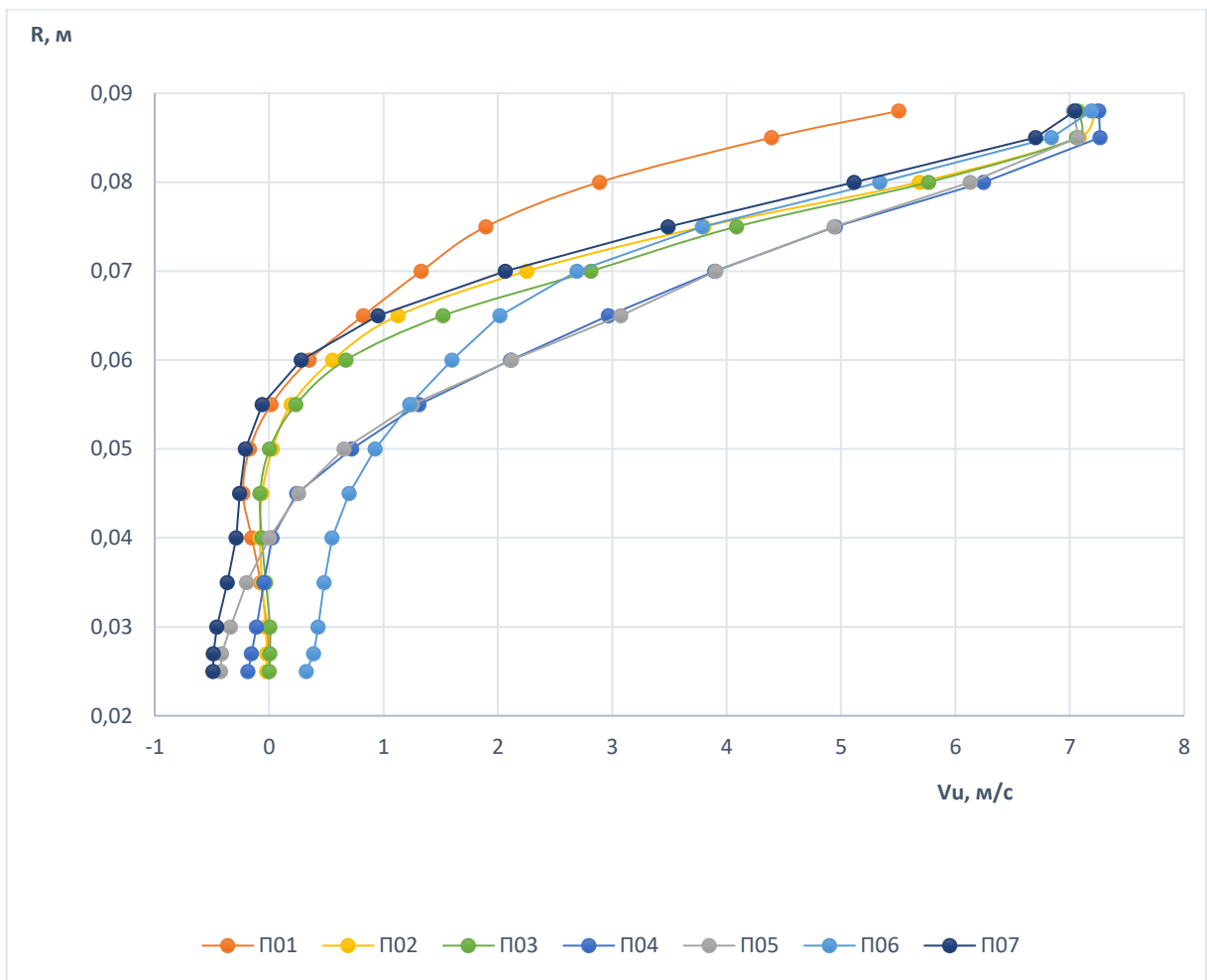


Рисунок 7.15 – порівняльні епюри колової складової швидкості для варіантів підводу П01 - П07 на режимі роботи 0,6Q

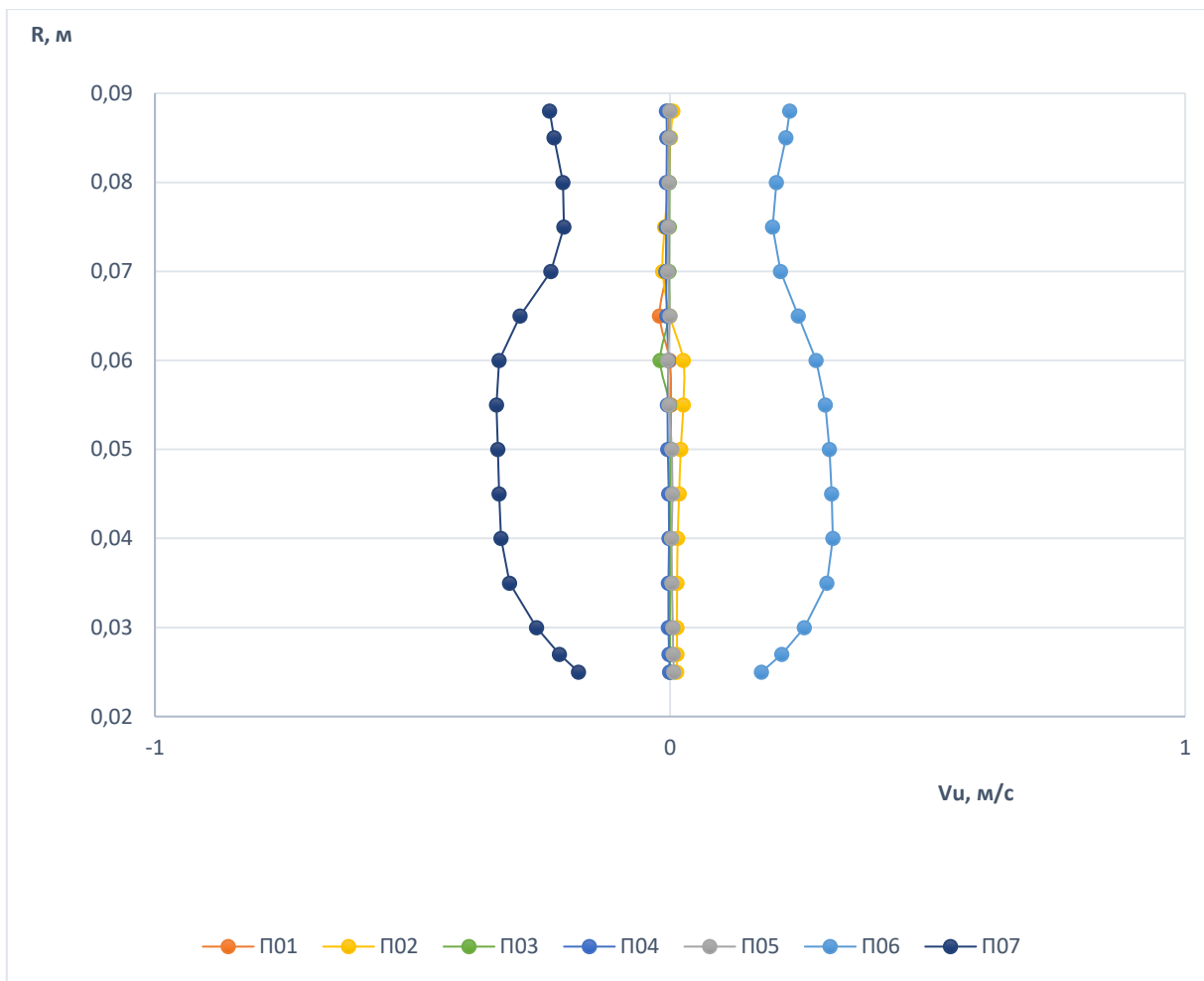


Рисунок 7.16 – порівняльні епюри колової складової швидкості для варіантів підводу П01 - П07 на режимі роботи 1,0Q

На рисунках 7.17 – 7.19 наведено порівняння епюр меридіанної складової швидкостей на вході в робоче колесо для П01 – П07 підводу на режимах роботи 0,2Q - 0,6Q - 1Q.

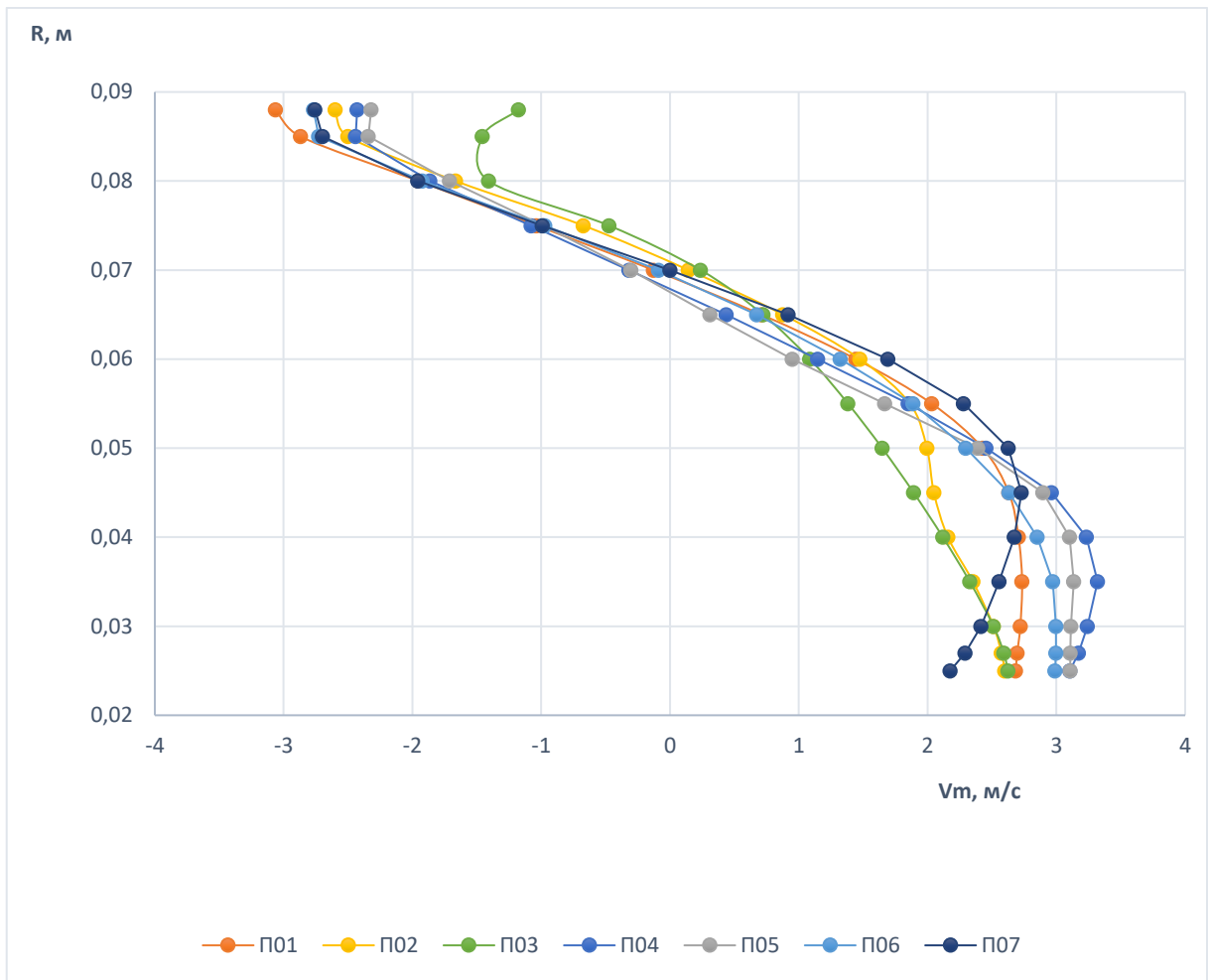


Рисунок 7.17 – порівняльні епюри меридіанної складової швидкості для варіантів підводу П01 і П07 на режимі роботи 0,2Q

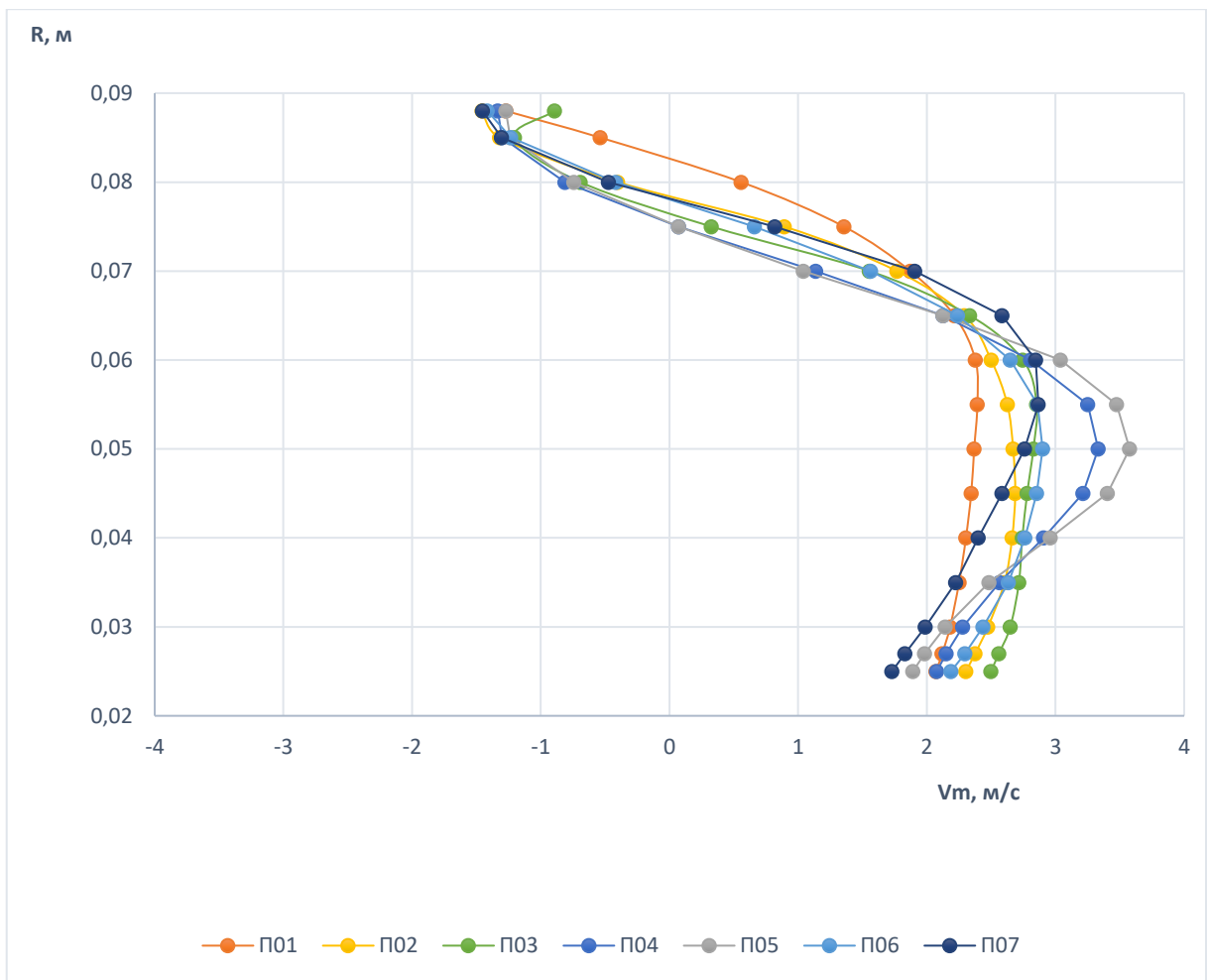


Рисунок 7.18 – порівняльні епюри меридіанної складової швидкості для варіантів підводу П01 і П07 на режимі роботи 0,6Q

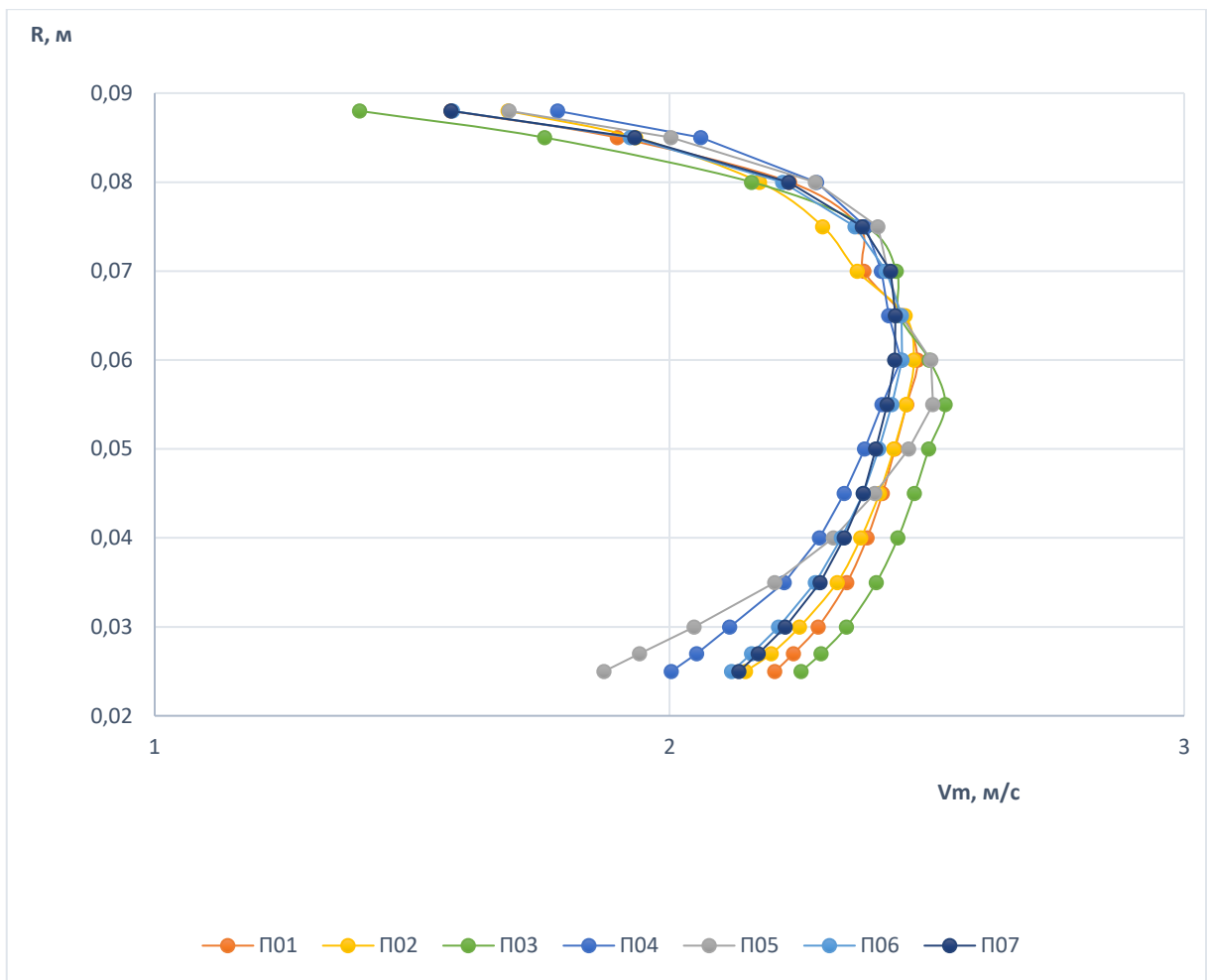


Рисунок 7.19 – порівняльні епюри меридіанної складової швидкості для варіантів підводу П01 і П07 на режимі роботи 1,0Q

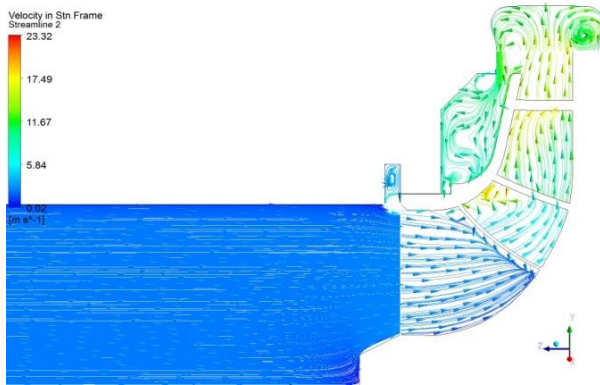


Аналізуючи отримані епюри швидкостей можна зазначити наступне:

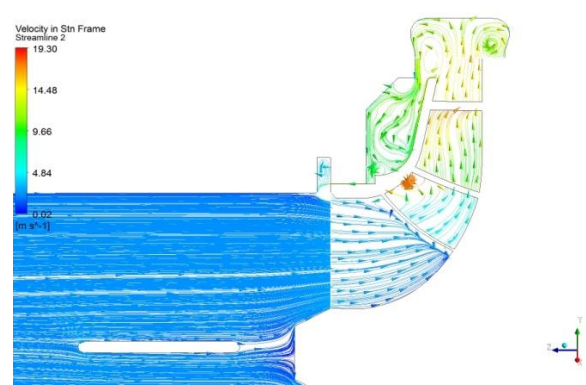
- установка радіальних ребер на вході практично не вплинула на початок рециркуляції на вході в робоче колесо;
- установка вигнутих напрямних ребер в напрямку оберту робочого колеса, що більш підкручує течею, трішки зменшує вихор рециркуляції на режимах недовантаження;
- установка вигнутих напрямних ребер в зворотному напрямку оберту робочого колеса, збільшує вихор рециркуляції;
- Епюри швидкостей якісно практично співпадають, але мають незначні кількісні розходження.

На рисунках 7.20 і 7.21 наведені ізолінії течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу на режимах подач  $0,2Q$ , на рисунках 7.22 – 7.23 наведені ізолінії течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу на режимах подач  $0,6Q$ , на рисунках 7.24 – 7.25 наведені ізолінії течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу на режимах подач  $1,0Q$  для варіантів підводу П01 - П07. На рисунках добре видно, що на режимі  $0,6Q_{\text{ном}}$  поблизу покривного диска робочого колеса починає розвиватися рециркуляційний потік, який поступово зростає при зменшенні подачі. На режимі подачі  $0,2Q_{\text{ном}}$  вихор рециркуляційного потоку займає майже половину перерізу на вході для підвода П01. Для підводу П02 – П05 з прямим радіальним ребром на вході, та для підводу П06 і П07 з вигнутими радіальними ребрами рециркуляційний вихор призводить до повного руйнування колової симетрії течії.

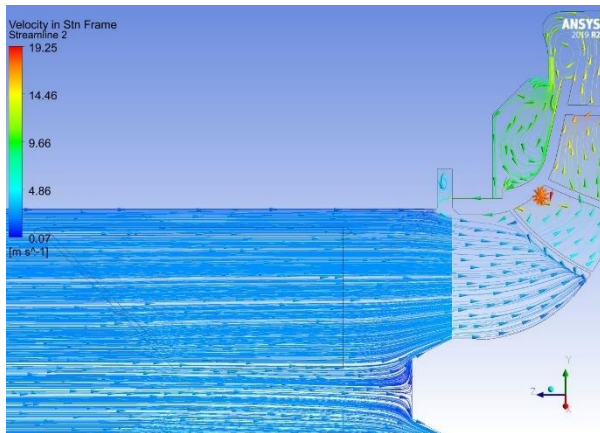
П01



П02



П03



П04

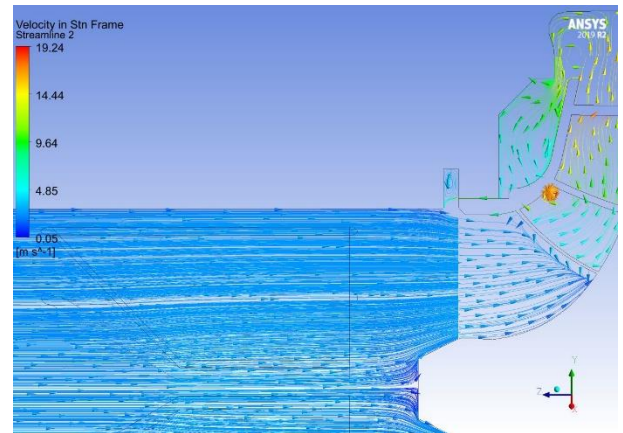
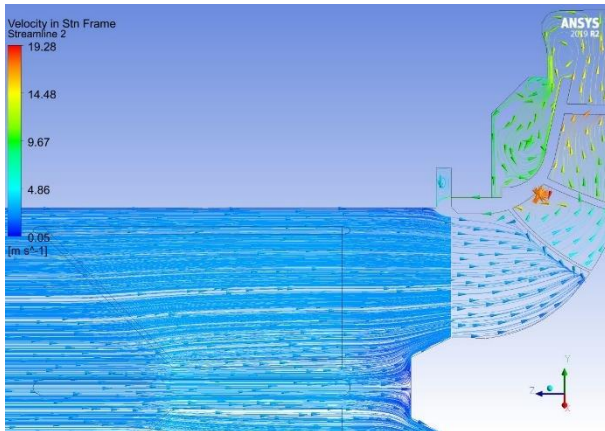


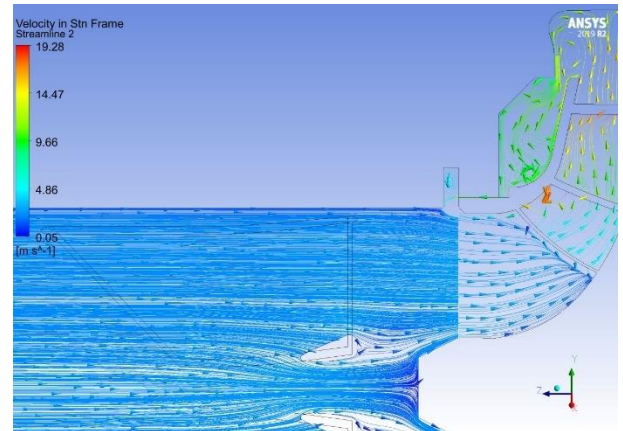
Рисунок 7.20 – Картини ізолій течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі

1,0Q

П05



П06



П07

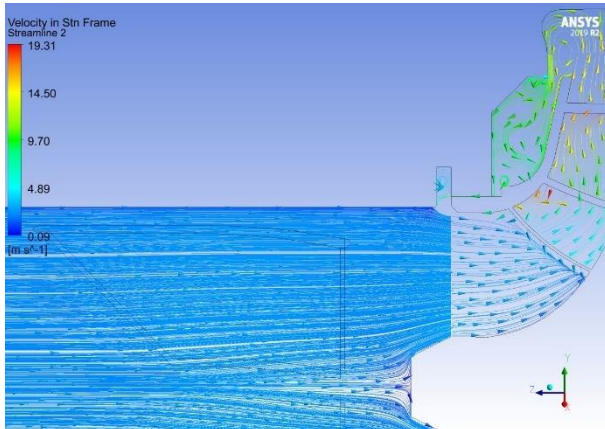
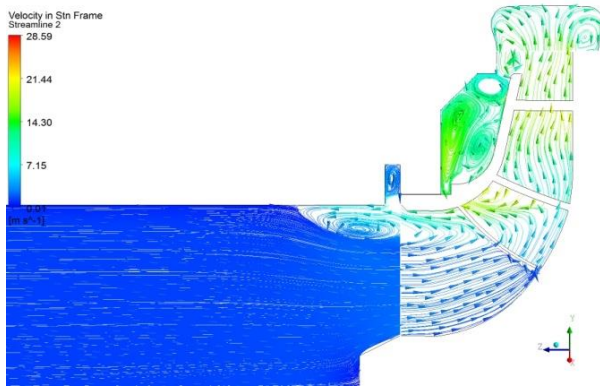


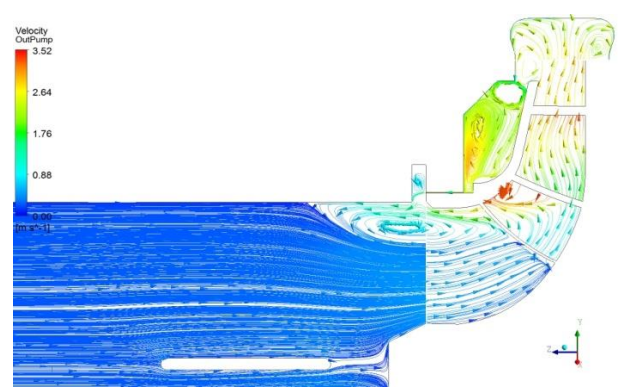
Рисунок 7.21 – Картини ізоліній течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі

1,0Q

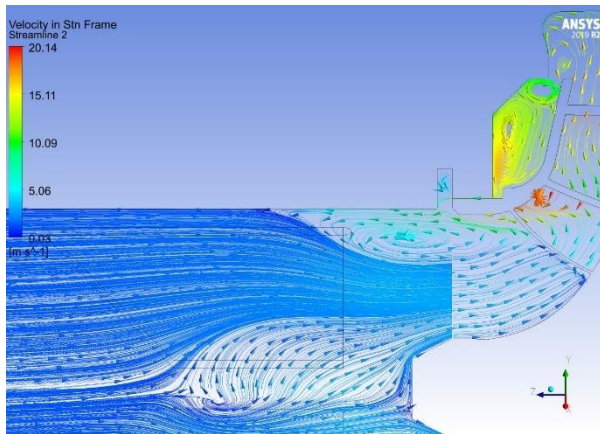
П01



П02



П03



П04

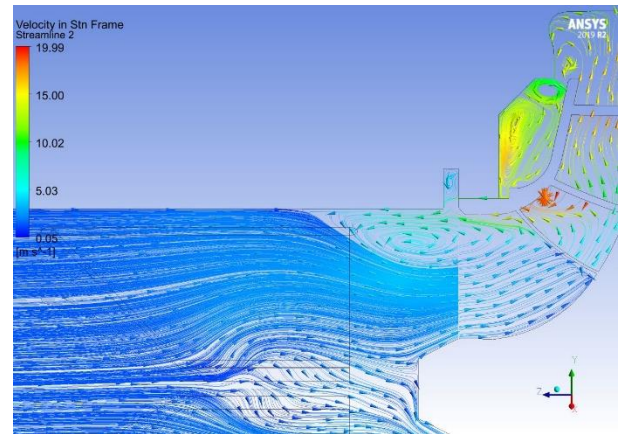
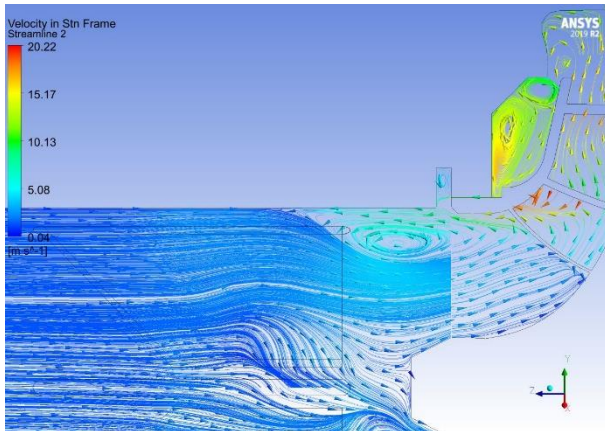
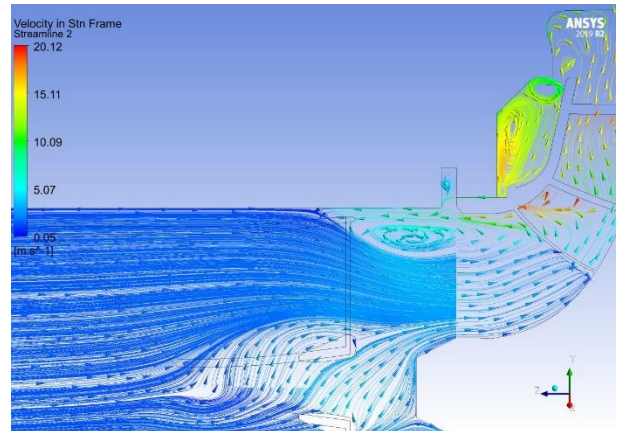


Рисунок 7.22 – Картины ізоліній течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі 0,6Q

П05



П06



П07

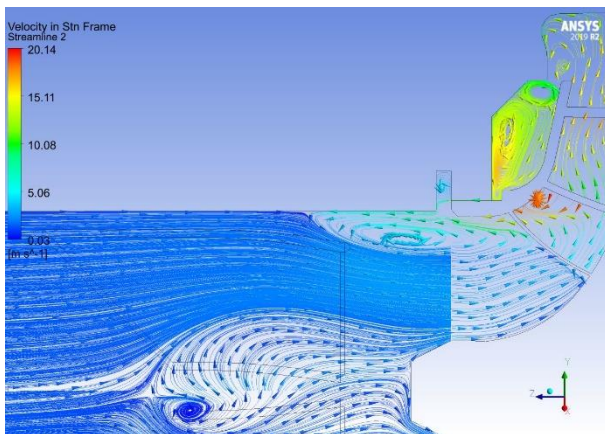
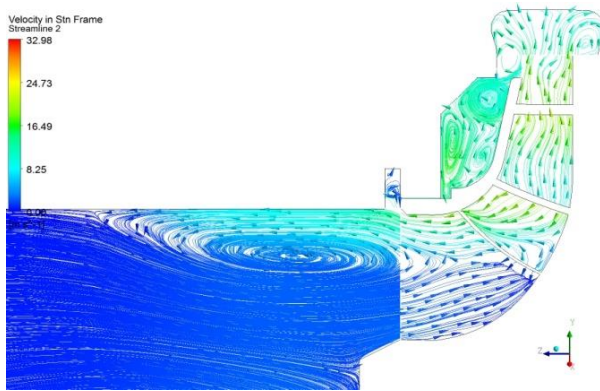
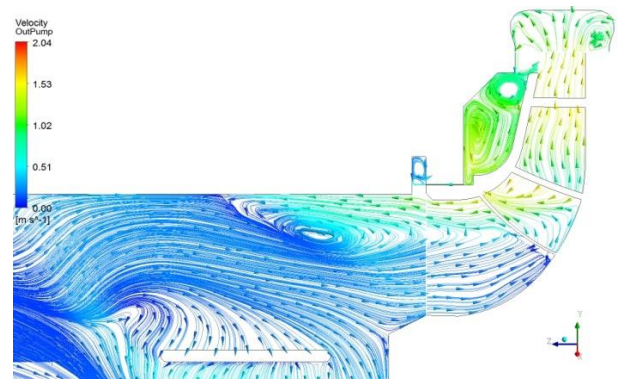


Рисунок 7.23 – Картини ізолій течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі 0,6Q

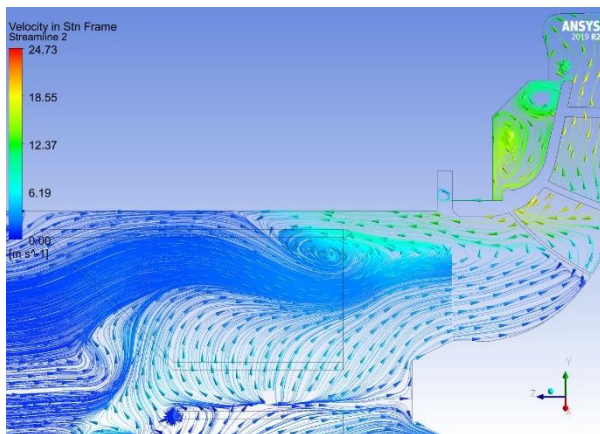
**П01**



**П02**



**П03**



**П04**

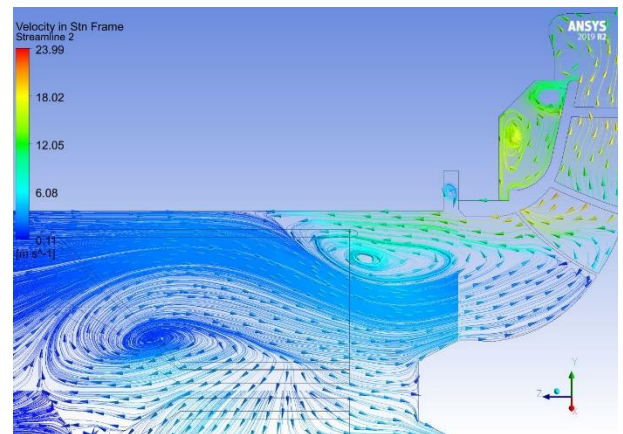
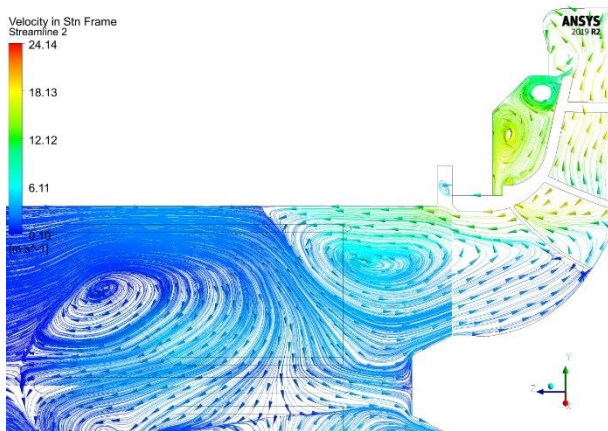
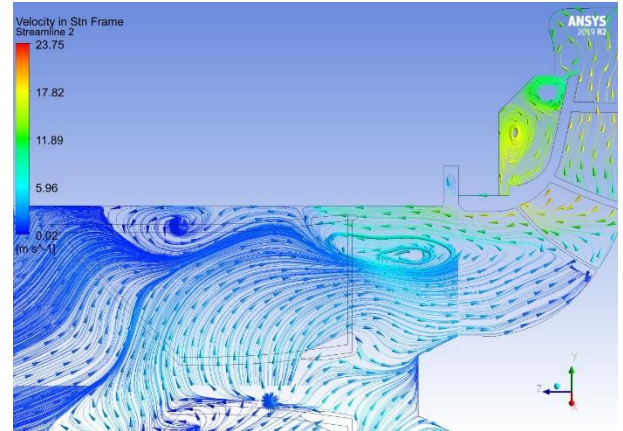


Рисунок 7.24 – Картини ізоліній течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі 0,2Q

П05



П06



П07

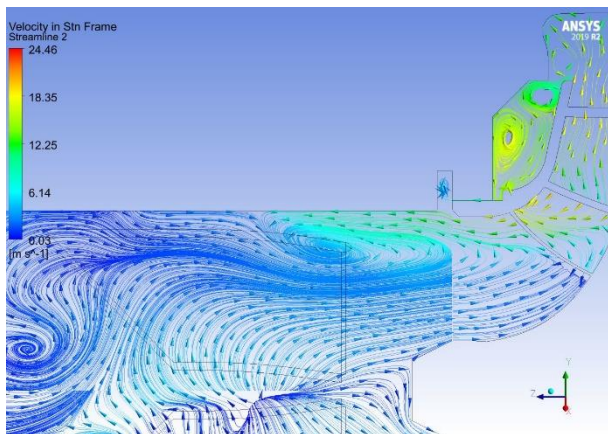


Рисунок 7.25 – Картини ізолій течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі  $0,2Q$

На рисунках 7.26 і 7.27 наведені ізолії течії у вертикальному меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу на режимах подач  $0,2Q$ , на рисунках 7.28 – 7.29 наведені ізолії течії в меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу на режимах подач  $0,6Q$ , на рисунках 7.30 – 7.31 наведені ізолії течії в меридіанному перерізі проточної частини

консольного насоса на режимах подач  $1,0Q$  для варіантів підводу П01 - П07. Картини течії на режимах  $0,6Q_{\text{ном}}$  та  $1,0Q_{\text{ном}}$  практично збігаються з отриманими у меридіанному перерізі під кутом 45 градусів. На режимі  $0,2Q_{\text{ном}}$  для підводу П01 структура течії втрачає колову симетрію. А для варіантів підводу П02 – П07 структура взагалі стає повністю просторовою і несиметричною.

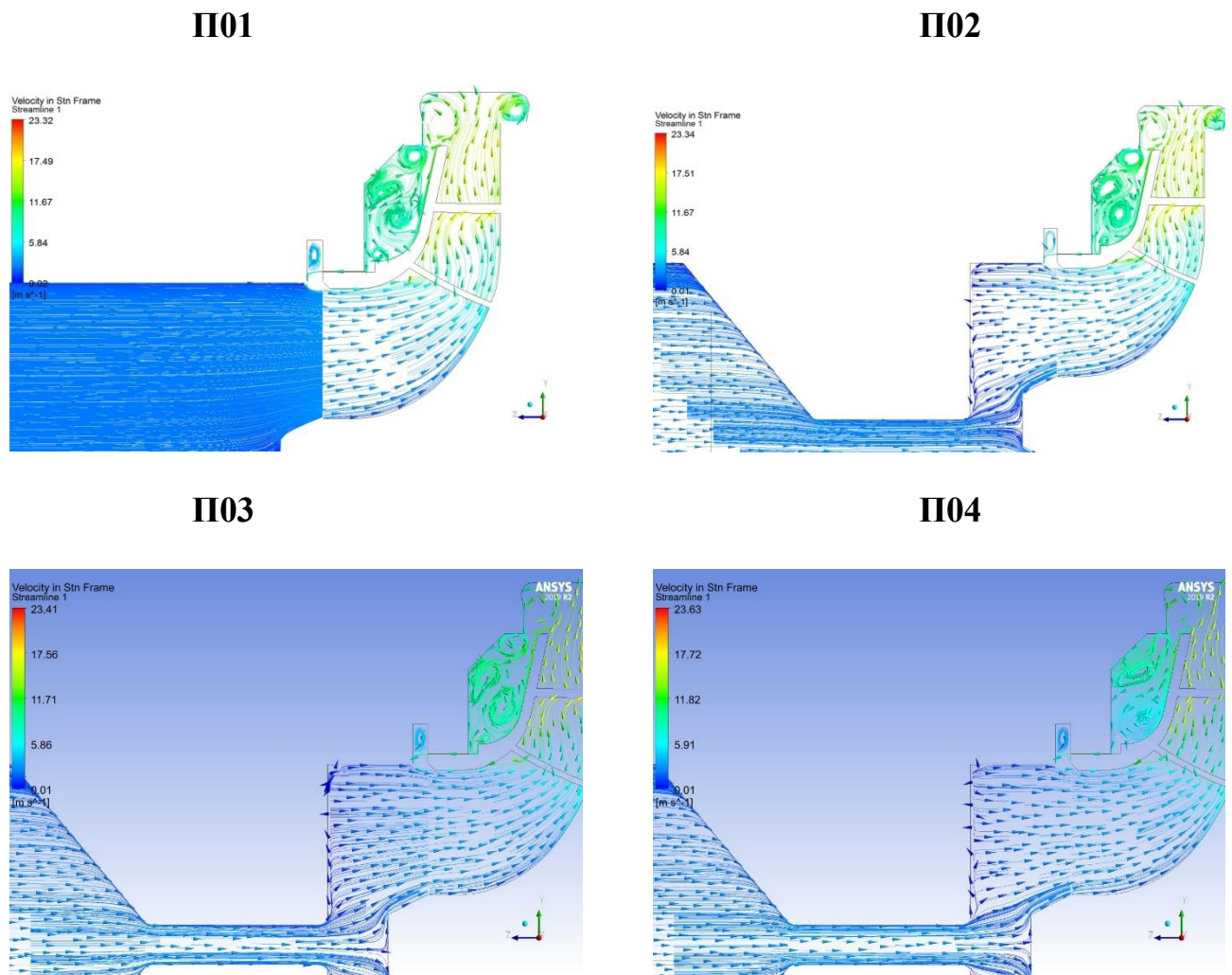
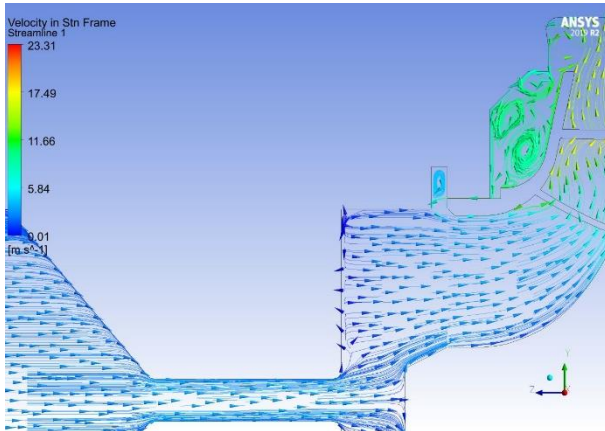


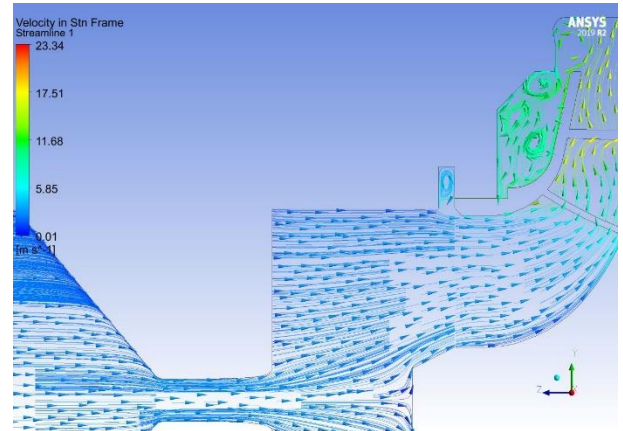
Рисунок 7.26 – Картини ізоліній течії у вертикальному меридіанному перерізі проточної частини консольного насоса для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі  $1,0Q$



**П05**



**П06**



**П07**

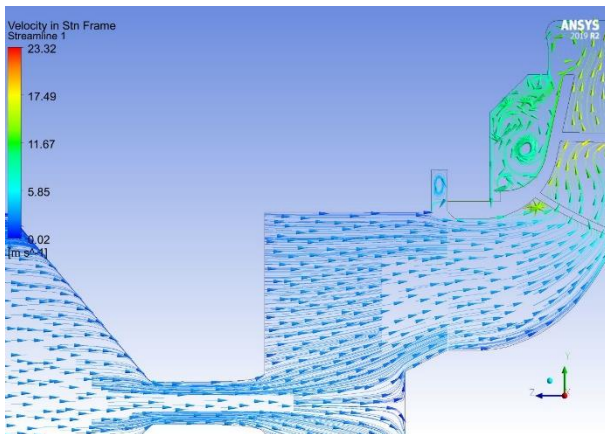
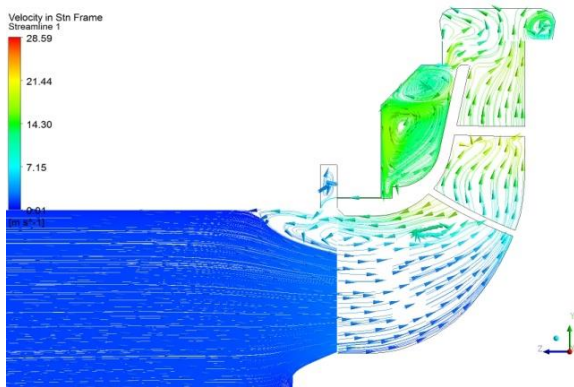
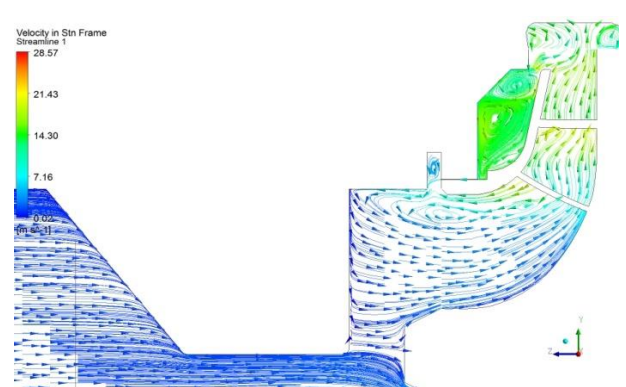


Рисунок 7.27 – Картини ізоліній течії у вертикальному меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі 1,0Q

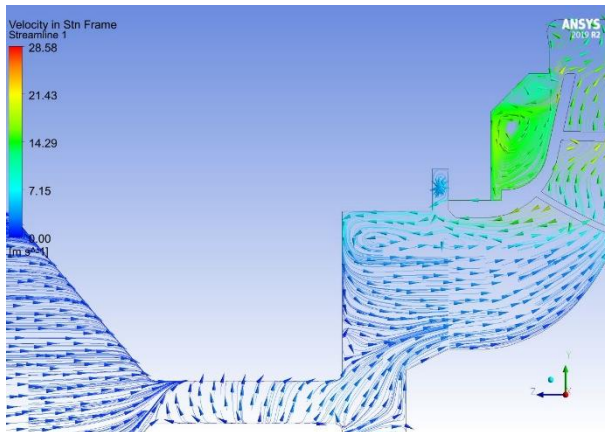
П01



П02



П03



П04

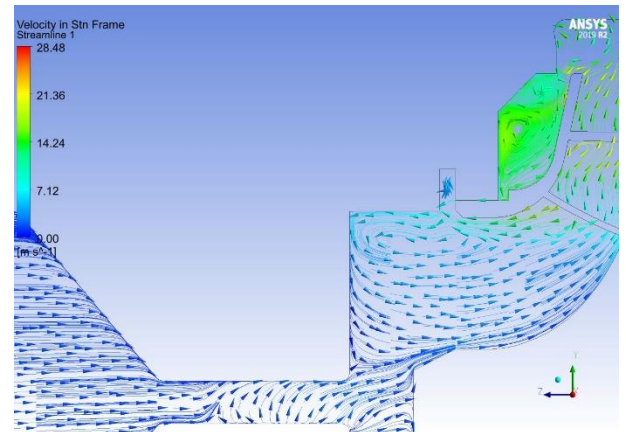
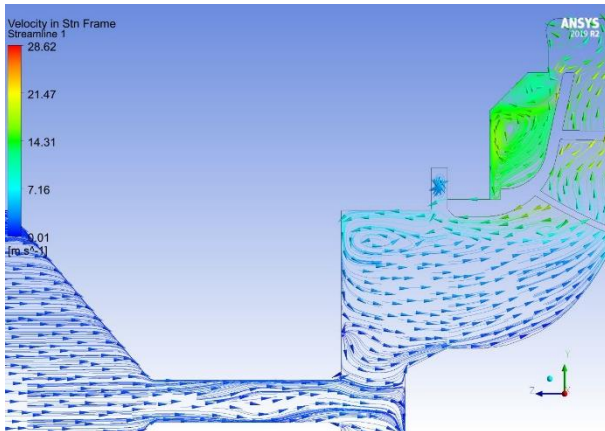
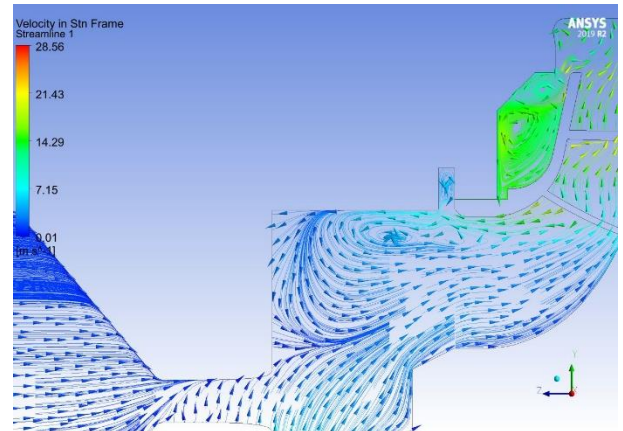


Рисунок 7.28 – Картини ізоліній течії у вертикальному меридіанному перерізі проточної частини консольного насоса для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі  $0,6Q$

П05



П06



П07

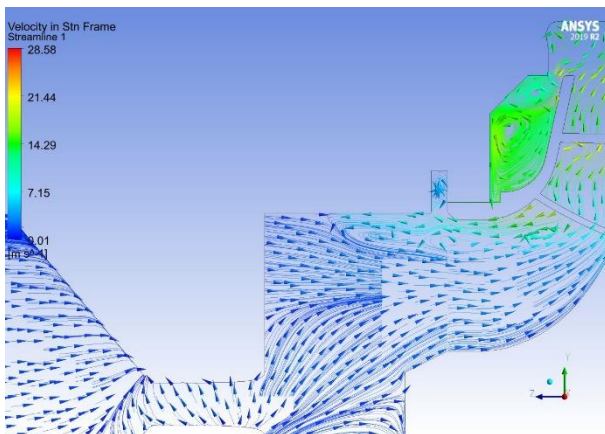
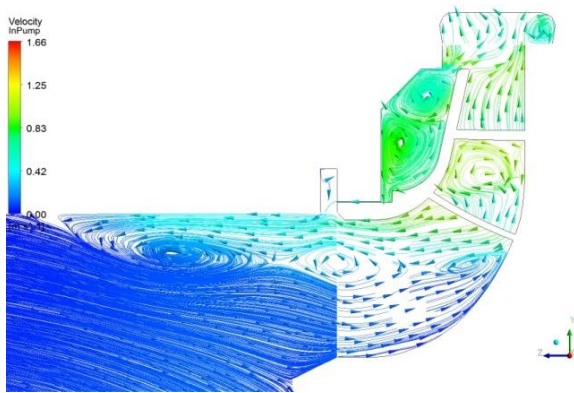
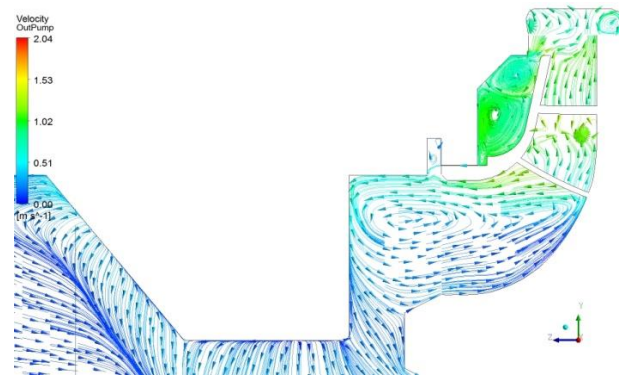


Рисунок 7.29 – Картини ізоліній течії у вертикальному меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі 0,6Q

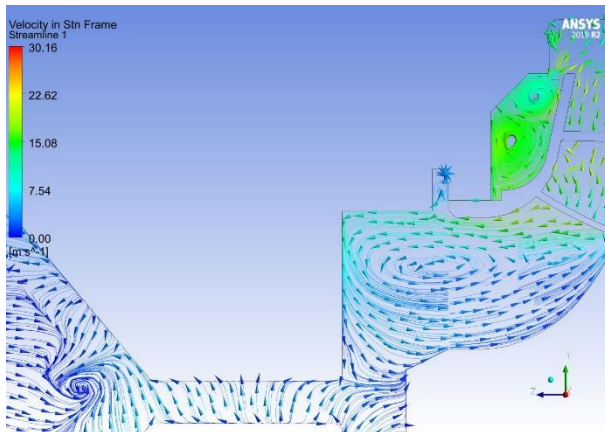
**П01**



**П02**



**П03**



**П04**

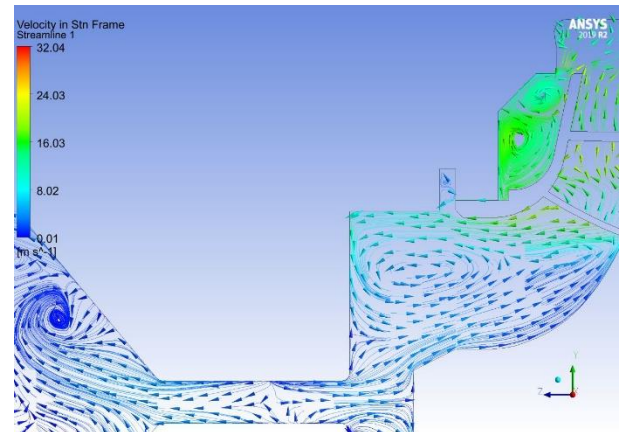
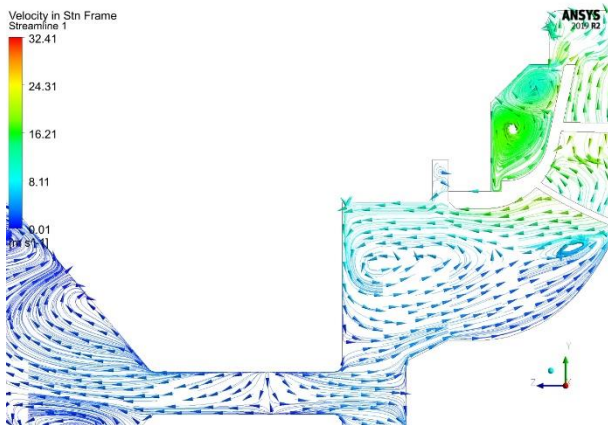
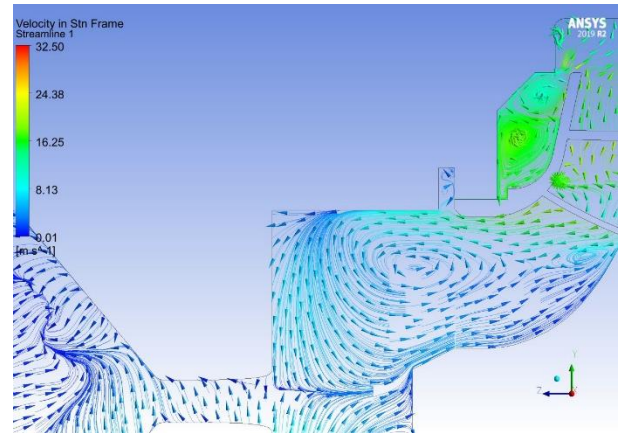


Рисунок 7.30 – Картини ізоліній течії у вертикальному меридіанному перерізі проточної частини консольного насоса для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі  $0,2Q$

П05



П06



П07

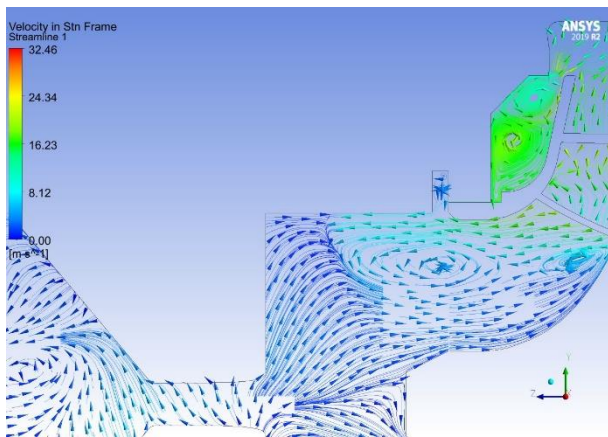


Рисунок 7.31 – Картини ізоліній течії у вертикальному меридіанному перерізі проточної частини консольного насосу для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі  $0,2Q$

Руйнування колової симетрії добре видно при порівнянні ізоконтурів швидкості в перерізі на вході в робоче колесо, яке показано на рисунках 7.32 і 7.33 на режимі подач  $0,2Q$ , на рисунках 7.34 і 7.35 на режимі подач  $0,6Q$  та на рисунках 7.36 і 7.37 на режимі подач  $1,0Q$ .

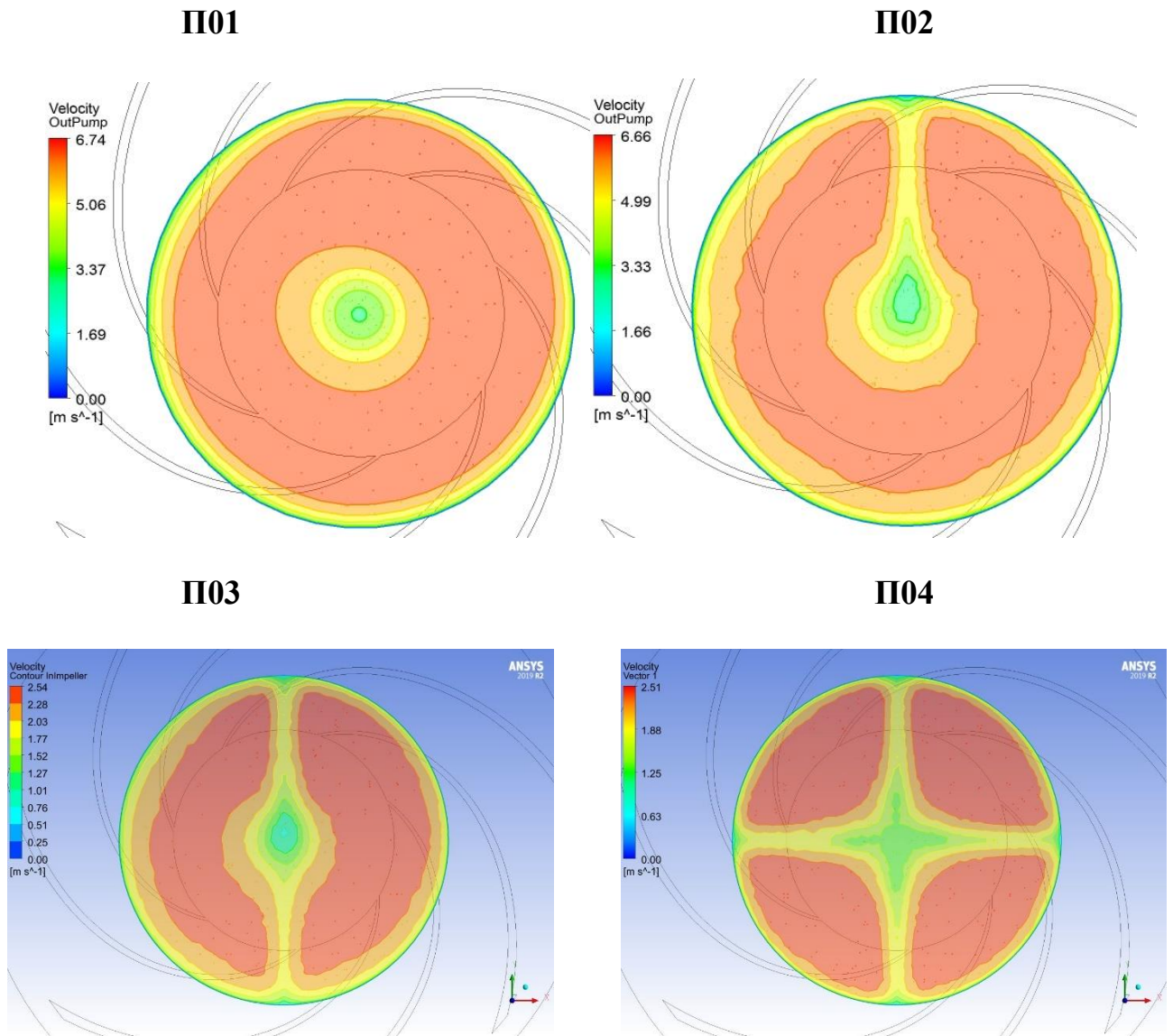
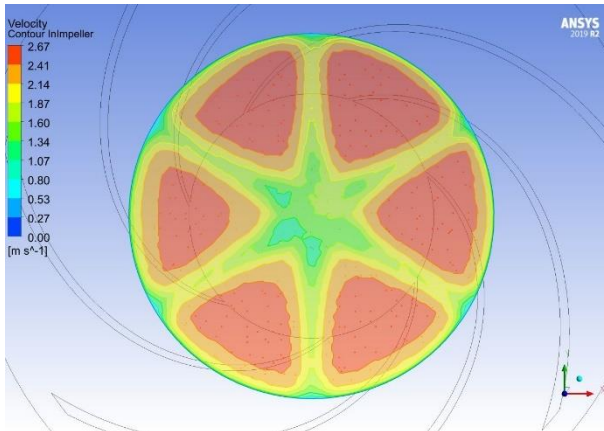
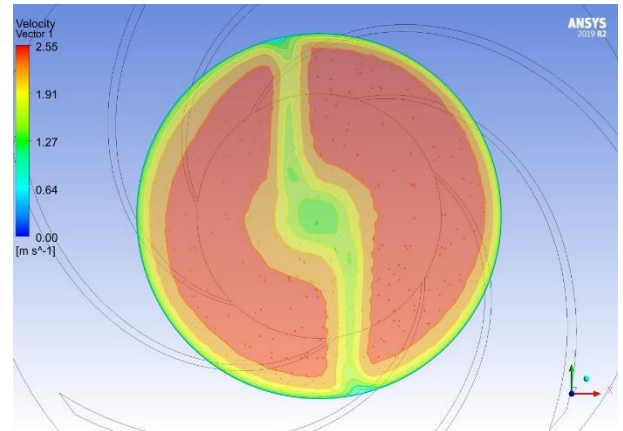


Рисунок 7.32 – Порівнянні ізоконтурів швидкості в перерізі на вході в робоче колесо для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі 1,0Q

**П05**



**П06**



**П07**

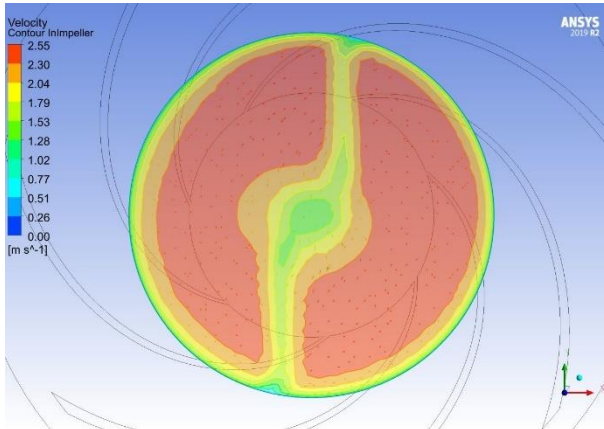
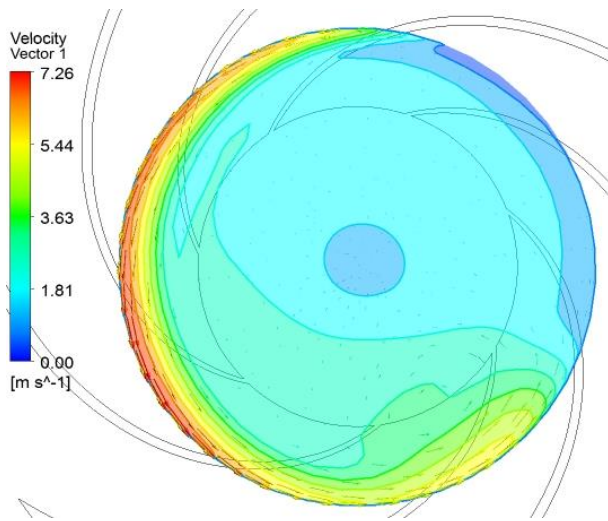
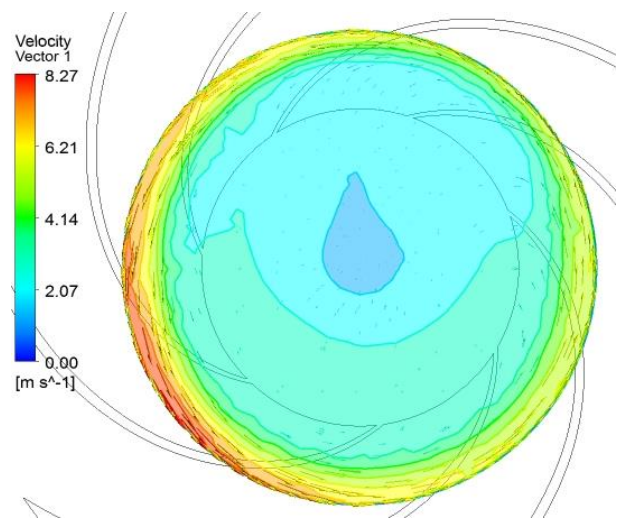


Рисунок 7.33 – Порівнянні ізоконтурів швидкості в перерізі на вході в робоче колесо для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі 1,0Q

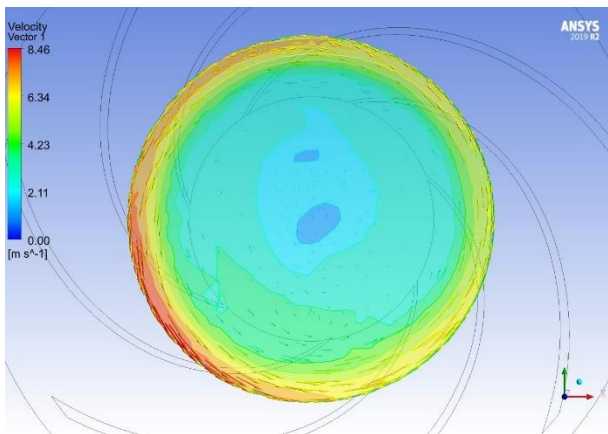
**П01**



**П02**



**П03**



**П04**

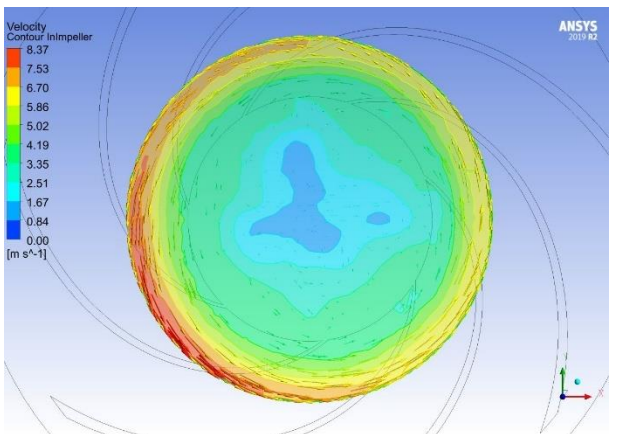
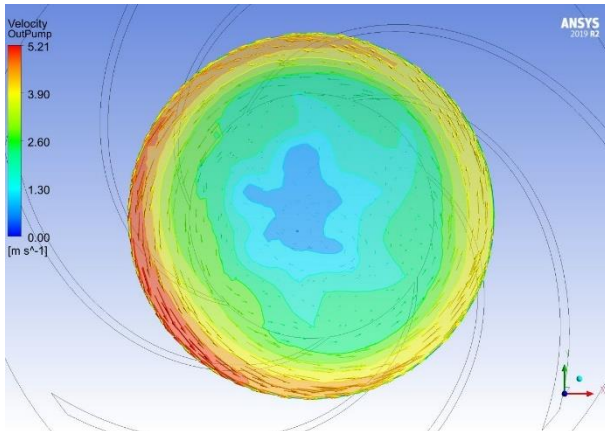


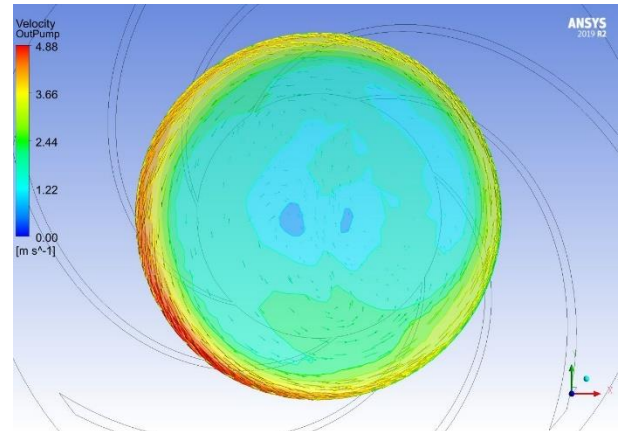
Рисунок 7.34 – Порівнянні ізоконтурів швидкості в перерізі на вході в робоче колесо для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі 0,6Q



П05



П06



П07

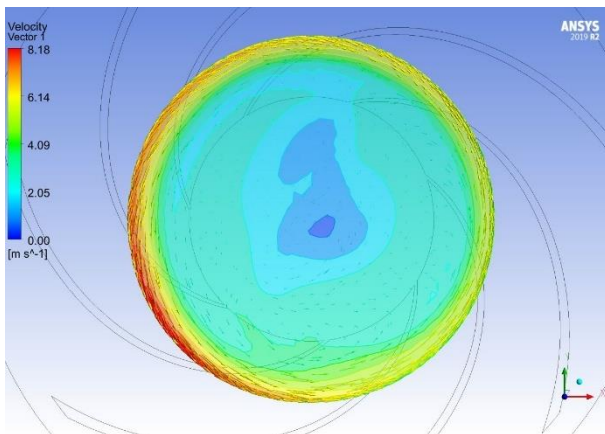
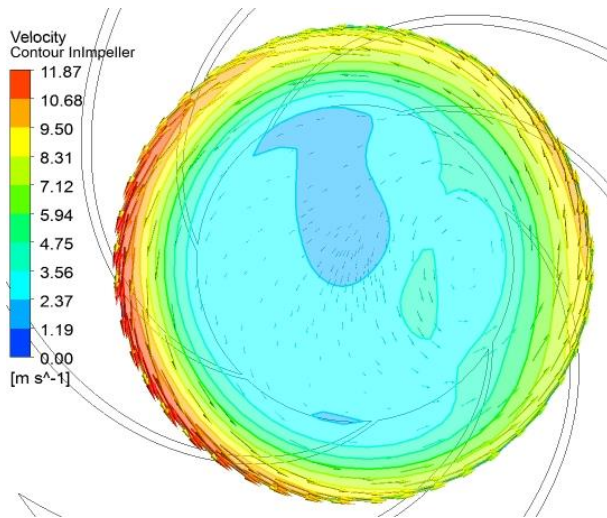
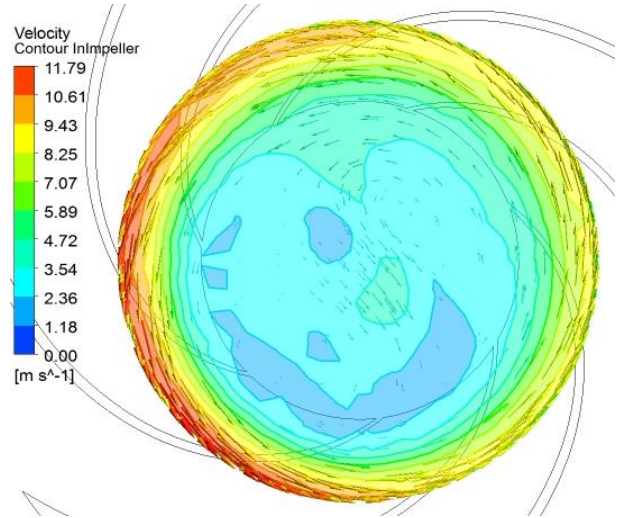


Рисунок 7.35 – Порівнянні ізоконтурів швидкості в перерізі на вході в робоче колесо для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі 0,6Q

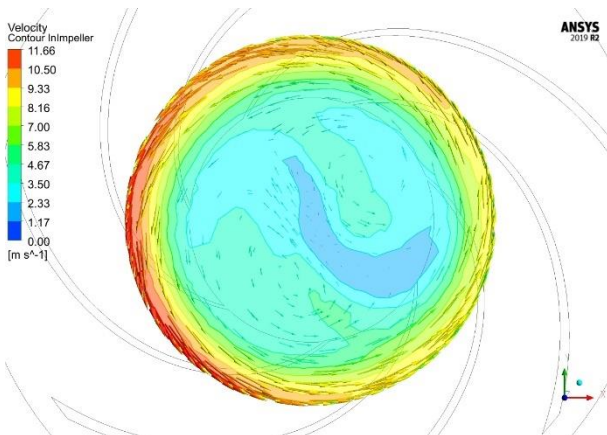
**П01**



**П02**



**П03**



**П04**

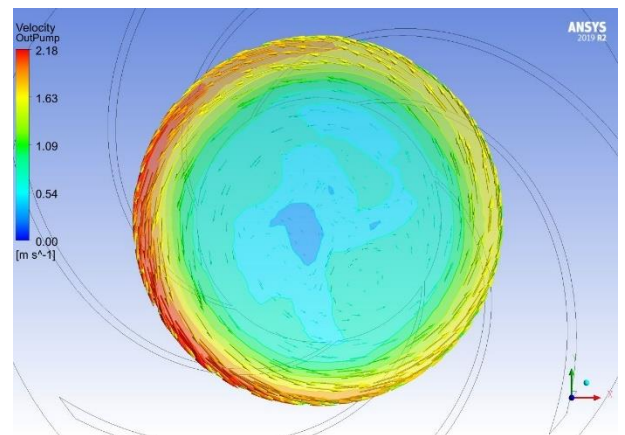
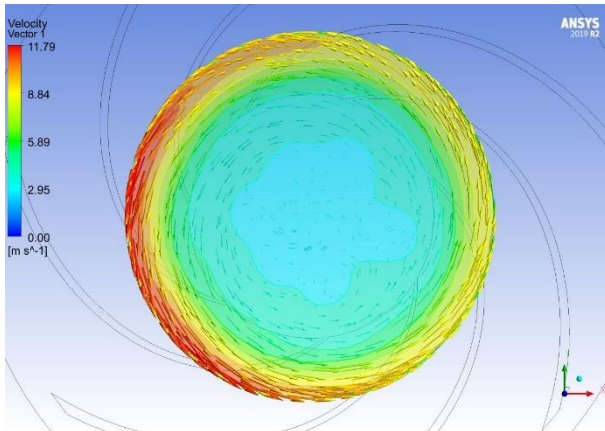
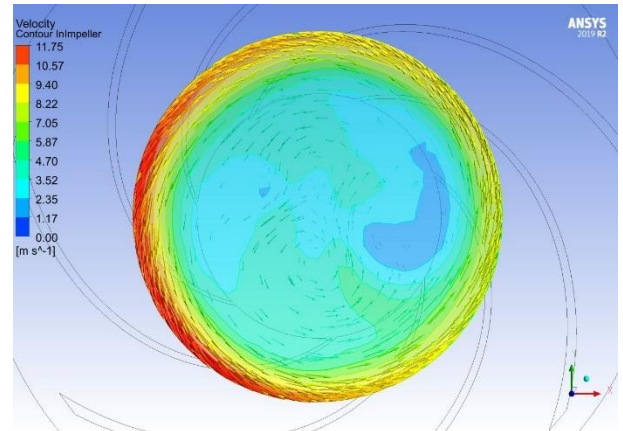


Рисунок 7.36 – Порівнянні ізоконтурів швидкості в перерізі на вході в робоче колесо для варіантів підводу П01 - П04, на режимі подачі 0,2Q

П05



П06



П07

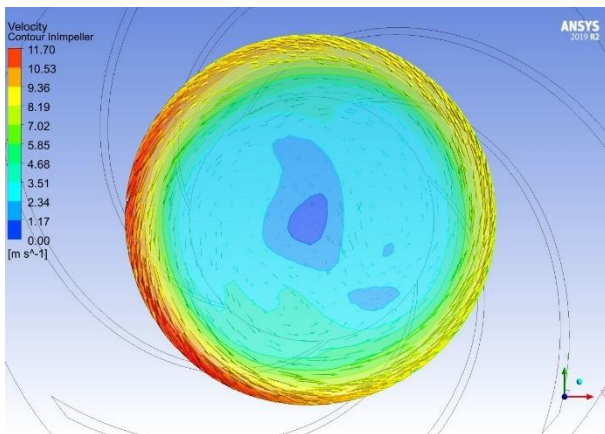


Рисунок 7.37 – Порівнянні ізоконтурів швидкості в перерізі на вході в робоче колесо для варіантів підводу П05 - П07, на режимі подачі 0,2Q

## Висновки

1. Аналіз літературних джерел показав, що недостатньо системних досліджень, за якими можна було б зробити висновки про вплив геометрії осьового підводу на форму напірної характеристики консольного насоса.
2. При роботі консольного насоса на режимах подач, менших за критичну подачу початку рециркуляції, на вході в робоче колесо розвивається вихор, який змінює структуру потоку. На даний момент не існує чіткого розуміння, наявності і характеру впливу процесу рециркуляції на стабільність форми напірної характеристики консольного насоса.
3. Проведені дослідження показали, що:
  - подача з якої починається нестабільність напірної характеристики не співпадає з подачею початку рециркуляції;
  - має місце наявність впливу ребра на вході на структуру течії, а також на форму напірної характеристики на режимах недовантаження.
  - наявність ребер на вході впливає на ККД насоса, та як виявилось варіант підводу П06 має найвищий ККД, близько 85%, при тому що варіант підводу без ребер має ККД близько 84%.
4. Отримані результати показали на необхідність проведення додаткових досліджень з різною геометрією ребер та різними кутами установки ребер на вході в робоче колесо консольного насоса.

## **8. РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **Пожежна безпека на підприємстві**

#### **8.1 Загальна пожежна безпека.**

1. Діяльність із забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств та об'єктів.

2. Керівник підприємства повинен визначити обов'язки посадових осіб щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, діляниць, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання й експлуатацію засобів протипожежного захисту.

Обов'язки щодо забезпечення пожежної безпеки, утримання та експлуатації засобів протипожежного захисту передбачаються у посадових інструкціях, обов'язках, положеннях про підрозділ.

3. На кожному об'єкті відповідним документом (наказом, інструкцією тощо) повинен бути встановлений протипожежний режим, який включає:

- порядок утримання шляхів евакуації;
- визначення спеціальних місць для куріння;
- порядок застосування відкритого вогню;
- порядок використання побутових нагрівальних приладів;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт;
- правила проїзду та стоянки транспортних засобів;
- місця для зберігання і допустиму кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, що можуть одночасно знаходитися у приміщеннях і на території;

- порядок прибирання горючого пилу й відходів, зберігання промасленого спецодягу та ганчір'я, очищення елементів вентиляційних систем від горючих відкладень;
- порядок відключення від мережі електроживлення обладнання та вентиляційних систем у разі пожежі;
- порядок огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок проходження посадовими особами навчання й перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму з призначенням відповідальних за їх проведення;
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних засобів протипожежного захисту;
- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;
- порядок збирання членів пожежно-рятувального підрозділу добровільної пожежної охорони та посадових осіб, відповідальних за пожежну безпеку, у разі виникнення пожежі, виклику вночі, у вихідні й святкові дні;
- порядок дій у разі виникнення пожежі: порядок і способи оповіщення людей, виклику пожежно-рятувальних підрозділів, зупинки технологічного устаткування, вимкнення ліфтів, підйомників, вентиляційних установок, електроспоживачів, застосування засобів пожежогасіння; послідовність евакуації людей та матеріальних цінностей з урахуванням дотримання техніки безпеки. При розробленні інструкцій дій у разі виникнення (виявлення) пожежі необхідно використовувати розділ VIII Правил пожежної безпеки України.

Працівники об'єкта мають бути ознайомлені з цими вимогами на інструктажах або під час проходження пожежно-технічного мінімуму.

4. Для кожного приміщення об'єкта мають бути розроблені та затверджені керівником об'єкта або уповноваженою ним посадовою особою інструкції про заходи пожежної безпеки.

У цих інструкціях повинні вказуватися:

- категорія приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки (для виробничих, складських приміщень та лабораторій);
- вимоги щодо утримання евакуаційних шляхів та виходів;
- спеціальні місця для куріння та вимоги до них;
- порядок утримання приміщень, робочих місць;
- порядок зберігання та застосування легкозаймистих рідин, горючих рідин (далі - ЛЗР, ГР), пожежо- та вибухонебезпечних речовин і матеріалів;
- порядок прибирання робочих місць, збирання, зберігання та видалення горючих відходів, промасленого ганчір'я;
- порядок утримання та зберігання спецодягу;
- місця, порядок та норми одночасного зберігання в приміщенні сировини, напівфабрикатів та готової продукції;
- порядок проведення зварювальних та інших вогневих робіт;
- порядок огляду, вимкнення електроустановок, приведення в пожежобезпечний стан приміщень та робочих місць, закриття приміщень після закінчення роботи;
- заходи пожежної безпеки при роботі на технологічних установках та апаратах, які мають підвищену пожежну небезпеку;
- граничні показання контрольно-вимірювальних приладів, відхилення від яких можуть викликати пожежу або вибух;
- обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі.

Ці інструкції мають вивчатися під час проведення протипожежних інструктажів, проходження навчання за програмою пожежно-технічного

мінімуму, а також в системі виробничого навчання і вивішуватися на видимих місцях.

Інструкції про заходи пожежної безпеки не розробляються для душових, басейнів, мийних, умивалень та санвузлів, а також для коридорів та вестибюлів.

5. На об'єктах з постійним або тимчасовим перебуванням на них 100 і більше осіб або таких, що мають хоча б одне окреме приміщення із одночасним перебуванням 50 і більше осіб, у будинках та спорудах (крім житлових будинків), котрі мають два поверхи і більше, у разі одночасного перебування на поверсі більше 25 осіб, а для одноповерхових - більше 50 осіб, мають бути розроблені і вивішені на видимих місцях плани (схеми) евакуації людей на випадок пожежі.

На об'єктах з постійним або тимчасовим перебуванням на них 100 і більше осіб або таких, що мають хоча б одне окреме приміщення з одночасним перебуванням 50 і більше осіб, які є навчальними (у тому числі дошкільними) закладами, закладами охорони здоров'я із стаціонаром, будинками для людей похилого віку та інвалідів, санаторіями і закладами відпочинку, розважальними, культурно-освітніми та видовищними закладами, критими спортивними будинками і спорудами, готелями, мотелями, кемпінгами, торговими підприємствами та іншими аналогічними за призначенням об'єктами з масовим перебуванням людей, на доповнення до схематичного плану евакуації повинна бути розроблена та затверджена керівником інструкція, що визначає дії персоналу щодо забезпечення безпечної та швидкої евакуації людей, за якою не рідше одного разу на півроку мають проводитися практичні тренування всіх задіяних працівників. Для об'єктів, у яких передбачається перебування людей уночі, інструкції повинні передбачати також дії у нічний час.

6. У разі зміни планування або функціонального призначення будинків (приміщень, споруд), технології виробництва, штатного розкладу персоналу плани евакуації та інструкції повинні бути відкориговані.



7. У приміщеннях на видимих місцях біля телефонів слід вивішувати таблички із зазначенням номера телефону для виклику пожежно-рятувальних підрозділів.

8. Територія об'єкта, а також будинки, споруди, приміщення мають бути забезпечені відповідними знаками безпеки. Знаки безпеки, їх кількість, а також місця їх встановлення повинні відповідати ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір» (ISO 6309:1987, IDT) та ГОСТ 12.4.026-76 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности».

9. Застосування у будівництві й на виробництві матеріалів та речовин, на які відсутні показники щодо пожежної небезпеки, забороняється.

10. Для працівників охорони (сторожів, вахтерів, вартових) повинно бути розроблено інструкцію, в якій необхідно визначити їхні обов'язки щодо контролю за дотриманням протипожежного режиму, огляду території і приміщень, порядок дій в разі виявлення пожежі, спрацювання систем протипожежного захисту, а також указати, хто з посадових осіб об'єкта має бути викликаний у нічний час у разі пожежі.

Працівники охорони повинні мати список посадових осіб об'єкта із зазначенням їх місць проживання, службових, домашніх (мобільних) телефонів.

11. Працівники об'єкта зобов'язані дотримуватися встановленого протипожежного режиму, виконувати вимоги цих Правил та інших нормативно-правових актів з питань пожежної безпеки.

12. З метою проведення заходів із запобігання виникненню пожеж та організації їх гасіння на підприємствах створюється добровільна пожежна охорона, для забезпечення функціонування якої утворюються пожежно-рятувальні підрозділи. [Порядок функціонування добровільної пожежної](#)

[охорони](#) затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 17 липня 2013 року № 564.

13. У загальноосвітніх навчальних закладах, дитячих таборах можуть створюватися дружини юних рятувальників-пожежних відповідно до законодавства України.

14. Повноваження у сфері пожежної безпеки асоціацій, корпорацій, концернів, інших господарських об'єднань визначаються їхніми статутами або договорами між суб'єктами господарювання, що утворили об'єднання. Для виконання делегованих об'єднанню функцій у його апараті створюється служба пожежної безпеки.

15. Усі працівники при прийнятті на роботу на робочому місці повинні проходити інструктажі з питань пожежної безпеки (далі - протипожежні інструктажі).

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні попередньо (до початку самостійного виконання роботи) пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум).

Види протипожежних інструктажів, а також порядок організації та проведення протипожежних інструктажів, навчання і перевірки знань з пожежно-технічного мінімуму встановлено постановою Кабінету Міністрів України від 26 червня 2013 року [№ 444](#) «Про затвердження Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях».

16. Посадові особи та працівники проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки у [порядку](#), встановленому постановою Кабінету Міністрів України від 26 червня 2013 року № 444 «Про затвердження Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях».

17. У навчальних закладах повинно проводитися вивчення правил пожежної безпеки, а також навчання діям на випадок пожежі.

18. У дитячих дошкільних закладах має проводитися виховна робота, спрямована на запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем і виховання у дітей бережливого ставлення до національного багатства, а також набуття навичок особистої безпеки в разі виникнення пожежі.

19. Місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування зобов'язані організувати навчання населення за місцем проживання правилам пожежної безпеки.

20. Приступати до роботи особам, які не пройшли навчання, протипожежного інструктажу і перевірки знань з питань пожежної безпеки, забороняється.

21. Нове будівництво, реконструкція, реставрація, технічне переоснащення та капітальний ремонт приміщень, будинків і споруд здійснюються на підставі проектної документації, яка затверджена у встановленому порядку.

22. Під час експлуатації об'єктів забороняється знижувати рівень пожежної безпеки, встановлений законодавством, яке було чинним на момент початку використання об'єкта. [21]

## **8.2 Дії працівників під час пожежі.**

У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожний працівник зобов'язаний:

1. негайно повідомити про це пожежно-рятувальну службу (номер телефону для виклику -101). При цьому необхідно назвати точну адресу, кількість поверхів, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також своє прізвище.

2. Вжити (по можливості) заходів щодо евакуації людей, гасіння пожежі з використанням наявних вогнегасників та інших засобів пожежогасіння.
3. Повідомити про виникнення пожежі керівника об'єкту.
4. Перевірити та впевнитись, що пожежно-рятувальну службу викликано (продублювати повідомлення про пожежу).
5. Очолити керівництво гасінням пожежі до прибуття підрозділів пожежно-рятувальної служби.
6. У разі загрози життю людей негайно організувати їхню евакуацію, використовуючи для цього всі наявні засоби та сили.
7. Вивести з приміщень за межу небезпечної зони всіх працівників, які не зайняті в ліквідації пожежі.
8. Направити для зустрічі підрозділів пожежно-рятувальної служби особу, яка добре знає розташування під'їзних шляхів і джерел протипожежного водопостачання.
9. Перевірити включення та роботу автоматичної системи пожежогасіння (за її наявності).
10. За потреби - викликати медичну та інші служби.
11. Припинити всі роботи, які не пов'язані з ліквідацією пожежі.
12. За потреби - організувати відключення електроенергії, зупинення апаратів, пристроїв, зупинення систем вентиляції та здійснення інших заходів, спрямованих на запобігання поширенню пожежі.
13. забезпечити захист людей, які беруть участь у гасінні пожежі, від можливих обвалів будівельних конструкцій, уражень електричним струмом, отруєння, опіків.
14. При потребі – організувати евакуацію матеріальних цінностей.
15. При прибутті на місце пожежі підрозділів пожежно-рятувальної служби керівник (або інша особа, яка його заміщує), який керував гасінням пожежі, повинен доповісти їх старшому начальнику відомості про людей, які

потребують допомоги, евакуації, їх кількість, місце перебування, а також про осередок пожежі та заходи, що вжиті для її ліквідації.

Провести практичне відпрацювання дій на випадок виникнення пожежі на конкретному об'єкті. [22]

### **8.3 Вогнегасники і їх класифікація**

**Вогнегасник** - пристрій для гасіння осередків загоряння на їх ранніх стадіях. У корпусі вогнегасника зберігається заряд вогнегасної речовини і джерело тиску. При активації пускового пристрою, запасений в корпусі вогнегасника заряд вогнегасної речовини виштовхується через сопло надлишковим тиском.

#### **8.3.1 Типи вогнегасників**

Вогнегасники розрізняються за типом вогнегасної речовини, джерела надлишкового тиску, типу запірно-пускового пристрою і обсягом корпусу.

За обсягом корпусу вогнегасники поділяються:

- **малолітражні** переносні, з масою заряду до 5 кг;
- **промислові** переносні, з масою заряду до 20 кг;
- **пересувні** і стаціонарні, з масою заряду до 450 кг.

В одних вогнегасниках тиск газу запасений під час зарядки, закачано безпосередньо в корпус або в спеціальний балончик всередині корпусу. В інших - генерується безпосередньо перед використанням вогнегасника, в результаті хімічної реакції компонентів заряду. Також тиск може бути утворено власною масою вогнегасної речовини. Пусковим пристроєм служить вентильний затвор, запірно-пусковий пристрій пістолетного типу, пиропатрон або джерело постійного тиску.

### 8.3.2 Класифікація вогнегасників

**Хімічний пінний вогнегасник** призначений для гасіння твердих матеріалів і горючих рідин. Хімічна піна є гарним провідником електричного струму, тому забороняється гасіння електроустановок і проводів під напругою. Так само забороняється гасити хімічної піною лужні матеріали, процесу горіння яких вона сприяє.

**Повітряно-пінний вогнегасник** використовується для гасіння твердих речовин, горіння тліючих матеріалів і горючих рідин. Але не годиться для гасіння речовин, здатних горіти без доступу кисню, і електроустаткування під напругою.

**Вуглекислотні вогнегасники** застосовують для гасіння речовин, матеріалів і електроустановок. Виняток становлять речовини, здатні горіти без доступу кисню. Вуглекислотні вогнегасники завдяки своїй універсальності і ефективності гасіння отримали широке поширення. Переносні вуглекислотні вогнегасники розрізняються лише своїми габаритами і складаються з балона з діоксидом вуглецю, запірною вентиля, розтруба і шланга.

**Аерозольний вогнегасник** призначений для гасіння загоряння легкозаймистих і горючих рідин, твердих речовин, електрообладнання під напругою. Виняток становлять лужні матеріали, і речовини здатні горіти без доступу кисню.

**Порошковий вогнегасник** застосовують при всіх типах загорянь, використовуючи в якості вогнегасної речовини порошки загального та спеціального призначення.

### 8.3.3 Вибір вогнегасника

При виборі вогнегасника необхідно враховувати кілька різних факторів:

1. **Площа приміщення** (наявність перегородок, коридорів, сходів) і шляхи евакуації. На 10 м<sup>2</sup> в середньому потрібно 1 кг вогнегасної речовини.

2. **Клас можливої пожежі.** Що може запалитися в приміщенні - тільки тверді речовини або також рідини, електроприлади і газу. Виходячи з цього вибирають вид вогнегасника.
3. **Вага вогнегасника.** Деякі моделі мають дуже велику вагу, що ускладнює їх використання. Наприклад, вуглекислотний вогнегасник при масі заряду 4 кг має загальну масу до 16,5 кг, а порошковий з такою ж масою заряду важить всього 6,5 кг.

#### **8.3.4 Застосування вогнегасника**

За принципом використання, дії з усіма типами вогнегасників схожі і для початку роботи вогнегасника користувачеві необхідно зробити наступні дії:

1. Висмикнути захисну пломбу.
2. Підійти до вогню на безпечну відстань в 2-3 метри.
3. Направити шланг вогнегасника або сопло на вогнище.
4. Натискати кистю руки на важіль запірною пристрою короткими натисканнями.[23]

## Список використаної літератури

1. Johann Friedrich Gülich. Centrifugal Pumps. / Johann Friedrich Gülich. – 4<sup>nd</sup>ed. // Springer Nature Switzerland AG, 2020. – 1264 p.
2. Шапиро А.С. Структура реального течения в центробежных и осевых насосах / А.С. Шапиро. – М. : МГПУ, 2004. – 280 с.
3. Руднев А.С. О работе лопастных насосов при уменьшенных подачах / Руднев А.С. – Качество и эффективность насосного оборудования // Труды ВНИИгидромаша. - Вып. XXXXI. – М., 1984. - С. 30 – 44.
4. Поликовский В.И. О расчете насосов и воздуходувных машин на режимах пониженных подач / В.И. Поликовский, А.А. Левин. – М.: МАИ, 1964. – 35 с.
5. Грянко Л.П. Определение структуры потока на входе в насосное колесо / Л.П. Грянко, В.А. Зимницкий // Лопастные насосы. [под ред. Л.Л. Грянко и А.Н. Папира]. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1975. – С. 21–29.
6. Горгиджаниян С.А. Структура потока при входе в центробежное колесо насоса / Горгиджаниян С.А., Грянко Л.П., Зимницкий В.А.. – Труды ЛПИ. – 1968. – № 310. – С. 141–146.
7. Горгиджаниян С.А. Определение параметров потока на входе в колесо многоступенчатого центробежного насоса при гидравлическом торможении // Лопастные насосы [под ред. Л.Л. Грянко и А.Н. Папира]. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1975. – С. 50-56.
8. Fraser W.H. Recirculation in centrifugal pumps / Fraser W.H. // World Pumps. – 1982. – № 5. – P. 227–235.
9. Warren H. Fraser Avoiding Recirculation in Centrifugal Pumps / Warren H. Fraser // Machine Design, Mountainside, N.J., USA, June 10, 1982.
10. Скиавелло Б. Критический расход, при котором возникает противоток в рабочем колесе центробежного насоса: определяющие явления, методы



- обнаружения, критерии предвидения / Скиавелло Б. // Пер. с фр. – Горький. – 1984.
11. Schweiger F.: Stability of the centrifugal pump characteristics at part capacity. Int. Conf. on Design and Operation of Pumps and Turbines, National Engineering Laboratory, Glasgow, Vol. 1, Paper 3-3, 1976.
  12. Lewthwaite J.C. & Worster R.C.: Note on the effect on pump stability of guide vanes. BHRA TN 789, 1963.
  13. Schmiedl E.: Untersuchungen an einer halbaxialen Spiralgehäusepumpe mit Laufrädern verschiedener Schaufelzahl und Austrittswinkel. Ph.D. Thesis, Tech. Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 1971.
  14. F.A.E. Breugelmans Prerotation and fluid recirculation in the suction pipe of centrifugal pumps / F.A.E. Breugelmans, M. Sen. – Proceedings of the Eleventh Turbomachinery Symposium. – P. 165 – 180.
  15. ANSYS CFX 19.2 SolverTheory. Release 19.2 [Электронный ресурс], 2009. – 261 p. – Режим доступа : <http://www.ansys.com>.
  16. ANSYS CFX 19.2 SolverModels. Release 19.2 [Электронный ресурс], 2009. – 549 p. – Режим доступа : <http://www.ansys.com>.
  17. Тестирование пакета CFX-5 на примерах течения воздуха в элементах проточных частей насосов специализации ОАО «ВНИИАЭН». Часть 2. Моделирование течения воздуха в рабочем колесе центробежного насоса / [Елин А.В., Кочевский А.Н., Луговая С.О., Щеляев А.Е.] // Насосы&Оборудование. – 2006. – № 2 (37). – С. 18–21.
  18. Тестирование пакета CFX-5 на примерах течения воздуха в элементах проточных частей насосов специализации ОАО «ВНИИАЭН». Часть 1. Моделирование течения воздуха в боковом комбинированном подводе диагонального насоса / [Елин А.В., Кочевский А.Н., Коньшин В.Н., Олыштынский П.Л., Луговая С.О., Щеляев А.Е.] // Насосы&Оборудование. – 2006. – № 1 (36). – С. 20–24.

19. Launder B. E. The Numerical Computation of Turbulent Flows / B.E. Launder, D. B. Spalding // Comp. Meth. Appl. Mech. Eng. – 1974. – Vol. 3. – P. 269–289.
20. Stepanoff, A. J.: Centrifugal and axial flow pumps. 2nd Edition, Chapter 3, 1957.
21. Міністерство внутрішніх справ. Наказ від 30.12.2014 №1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні». [Наказ міністерства внутрішніх справ України].  
Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>
22. Центр електробезпеки. Дії під час пожежі. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://elektrobezpeka.com.ua/ua/diii\\_pid\\_chas\\_pojeji.html](http://elektrobezpeka.com.ua/ua/diii_pid_chas_pojeji.html)
23. Пожсоюз. Вогнегасники: види і класифікація. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://euroservis.com.ua/ua/ognetushiteli-vidy-i-klassifikatsiya/42/>
24. Fraser, W. H.: Flow recirculation in centrifugal pumps. 10th Annual Turbomachinery Symposium, Dec. 1-3, 1981.
25. Dufays, M.: The effect of volute and throttling of the inlet area on prerotation in centrifugal pumps. VKI PR 1977-10.