Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «РОБОЧА СЕКЦІЯ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА»»

08-64.МКР.017.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2ПМ-22м
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
Орленко В.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ
Піонткевич О.В.
(прізвище та ініціали)
« 07 » грудня 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ
Романюк С.О.
(прізвище та ініціали)
« 14 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., проф. Козлов Л.Г.
(прізвище та ініціали)
«15» грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет Машинобудування та транспорту

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 13- Механічна інженерія

Спеціальність – 131 –Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма – Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ТАМ
д.т.н., проф. Л.Г. Козлов

(підпис)

«16» жовтня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Орленко Вадим Русланович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника»»
керівник роботи к.т.н., доц. кафедри ТАМ Піонткевич О.В.
затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.2023 року №274

2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: робоче креслення деталі «Робоча секція гідророзподільника», тривимірна модель аналога секційного гідророзподільника, максимальні робочі режими гідроприводу: подача робочої рідини 0,0016 м^3/хв, робочий тиск 16 МПа.

4. Зміст текстової частини: огляд конструкцій та літературних джерел по дослідженню секційних гідророзподільників; розробка схеми гідроприводу мобільної робочої машини; аналіз розрахункової схеми та математичної моделі секційного гідроприводу та та визначення його основних параметрів; удосконалення конструкції деталі «Робоча секція гідророзподільника»; розроблення нового технологічного процесе для його виготовлення; економічне обгрунтування розробки; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях при експлуатації секційних гідроприводів.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): презентація із заявленими основними розрахунками та результатами роботи, креслення удосконаленої конструкції деталі «Робоча секція гідророзподільника» та плакат маршруту механічної обробки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконан прийня
Основна частина	к.т.н., доц. Піонткевич О. В.	16.10.	01.12
Економічна частина	к.т.н., проф. Лесько О.Й.	16.10	01.12
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	д.пед.н., проф. Дембіцька С.В.	16.10	27.11

7. Дата видачі завдання 16 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	20.10.2023	Вико
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	25.10.2023	Вико
3	Техніко-економічне обгрунтування методів досліджень	26.10.2023	Вико
4	Розв'язання поставлених задач	13.11.2023	Вико
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	20.11.2023	Вико
6	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	27.11.2023	Вико
7	Виконання розділу «Економічна частина»	04.12.2023	Вико
8	Перевірка роботи на плагіат	06.12.2023	Вико
9	Попередній захист МКР	07.12.2023	Вико
10	Нормоконтроль МКР	13.12.2023	Вико
11	Рецензування МКР	14.12.2023	Вико
12	Захист МКР	19.12.2023	

Студент _____ (підпис) В.Р. Орленко

Керівник роботи _____ (підпис) О.В. Піонткевич

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

АНОТАЦІЯ

УДК 621

Орленко В.Р. Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника»: магістерська кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / В. Р. Орленко. – Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2023. 113 ст.

На укр. мові. Бібліогр.: 36 назв; рис.: 38; табл. 18.

Метою роботи є удосконалення конструкції та технологічного процесу виготовлення деталі «Робоча секція гідророзподільника» для зменшення місцевих втрат тиску в каналах секційного гідророзподільника.

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз існуючих конструкцій та літературних джерел по секційним гідророзподільникам; розроблено схему гідроприводу мобільної робочої машини, розглянуто розрахункову схему та математичну модель з яких розраховані основні параметри деталі «Робоча секція гідророзподільника»; досліджено вплив ливарних радіусів деталі на місцеві втрати тиску в каналах секційного гідророзподільника; удосконалено його конструкцію і розроблено новий технологічний процес.

Отримала подальший розвиток методика імітаційного дослідження течій робочої рідини в каналах секційного гідророзподільника, що дозволило оцінити та зменшити місцеві втрати тиску.

В економічній частині роботи розраховані капітальні вкладення, собівартість механічної обробки заготовки деталі, термін окупності та економічний ефект. В роботі також розроблено заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Графічна частина ілюстративно доповнює матеріали, які представлені в пояснювальній записці.

Ключові слова: секційний гідророзподільник, імітаційне моделювання, місцеві втрати тиску

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

ABSTRACT

Orlenko V.R. Improvement of the construction and technological process of processing the workpiece of the part "Working section of the hydraulic distributor": master's qualification work for the competition of the educational qualification level "Master" in specialty 131 "Applied mechanics" / V. R. Orlenko. – Vinnitsa National Technical University. – Vinnitsa, 2023. 113 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 35 titles; Fig.: 38; table 18.

The aim of the work is to improve the design and technological process of manufacturing the part "Working section of the hydraulic distributor" to reduce local pressure losses in the channels of the sectional hydraulic distributor.

To achieve the goal, an analysis of existing structures and literary sources on sectional hydraulic distributors was carried out, the scheme of the hydraulic drive of the mobile working machine was developed, the calculation scheme and mathematical model were considered, from which the main parameters of the part "Working section of the hydraulic distributor" were calculated; the influence of casting radii of the part on local pressure losses in the channels of the sectional hydraulic distributor was investigated; its design was improved and a new technological process was developed.

The method of simulating the flow of the working fluid in the channels of the sectional hydraulic distributor was further developed, which made it possible to estimate and reduce local pressure losses.

In the economic part of the work, capital investments, the cost of machining the workpiece of the part, the payback period and the economic effect are calculated. The work also developed measures for labor protection and safety in emergency situations.

The graphic part illustratively complements the materials presented in the explanatory note.

Key words: sectional hydraulic distributor, simulation modeling, local pressure losses

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

ЗМІСТ

ВСТУП..... 5

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ СЕКЦІЙНОГО ТИПУ..... 7

1.1 Огляд розвитку конструкцій гідророзподільників секційного типу для гідроприводів робочих машин..... 7

1.2 Огляд робіт по дослідженню робочих процесів в гідророзподільниках..... 15

РОЗДІЛ 2 СХЕМА ГІДРОПРИВОДУ З РОБОЧОЮ СЕКЦІЄЮ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА ТА АНАЛІЗ ПРОЄКТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.... 19

2.1 Схема гідроприводу робочої машини з секційним гідророзподільником.... 19

2.2 Аналіз проєктних робіт по математичному моделюванню для гідроприводу мобільної робочої машини..... 21

2.3 Вплив параметрів деталі «Робоча секція гідророзподільника» на динамічні характеристики перехідних процесів в гідроприводі робочої машини 26

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СЕКЦІЙНОГО ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА..... 35

3.1 Дослідження потоків робочої рідини через канали деталі «Робоча секція гідророзподільника»..... 35

3.2 Конструкція удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»..... 51

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «РОБОЧА СЕКЦІЯ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА»..... 54

4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва..... 54

4.2 Розробка маршруту механічної обробки заготовки удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»..... 56

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ..... 60

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи..... 60

5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи..... 62

5.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково- дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру…….. 72

5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором……. 72

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПРИ УДОСКОНАЛЕНІ ДЕТАЛІ «РОБОЧА СЕКЦІЯ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА» ……. 79

6.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт…… 79

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії …… 82

6.2.1 Мікроклімат ……... 82

6.2.2 Склад повітря робочої зони …….. 83

6.2.3 Виробниче освітлення …….. 84

6.2.4 Виробничий шум ……... 85

6.2.5 Виробничі випромінювання ……. 86

6.3 Дослідження безпеки роботи в умовах дії небезпечних факторів надзвичайних ситуацій хисту …… 87

6.3.1 Дія вогню на будівлі виробничих приміщень під час пожежі……... 87

6.3.2 Визначення кількості вогнегасників……. 89

6.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайної ситуації…… 90

ВИСНОВКИ…… 91

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 93

ДОДАТКИ…….. 97

ДОДАТОК А – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ…….. 98

ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА…….. 99

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Мобільні робочі машини, що випускаються в Україні, на сьогоднішній день повномасштабно використовуються в будівництві, сільському господарстві та промисловості. Вони мають гарні показники по маневреності та продуктивності. Зазвичай основним виконавчим органом є стріла. Гідроприводи мобільних робочих машин в основному включають нерегульований гідронасос та моноблочні релейні гідророзподільники. Це призводить до того, що гідроприводи таких систем є морально застарілим і не можуть забезпечувати якісні показники для мобільних робочих машин. А саме, відсутність регулювання швидкості в широких діапазонах.

Розроблені гідроприводи, що вирішують поставлені вище задачі також потребують вдосконалення. Суттєвим їхнім недоліком може бути місцеві втрати тиску в гідравлічних лініях. Тому задача удосконалення гідроприводу, а саме, деталі «Робоча секція гідророзподільника» для мобільної робочої машини є актуальною.

Мета та задачі роботи дослідження.

Метою роботи є удосконалення конструкції та технологічного процесу виготовлення деталі «Робоча секція гідророзподільника» для зменшення місцевих втрат тиску в каналах секційного гідророзподільника.

Для досягнення мети планується розв'язати такі *задачі*:

- провести аналіз існуючих секційних гідророзподільників та робіт по їх дослідженню;
- розробити схему гідроприводу мобільної робочої машини;
- використовуючи математичну модель визначити граничні умови для дослідження імітаційної моделі;
- дослідити вплив ливарних радіусів удосконалюваної деталі на місцеві втрати тиску в каналах секційного гідророзподільника;
- розробити рекомендації по вибору ливарних радіусів;
- удосконалити конструкцію та технологічний процес виготовлення деталі «Робоча секція гідророзподільника».

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Об'єкт дослідження – імітаційні процеси в конструкції деталі.

Предмет дослідження – деталь секційного гідророзподільника.

Методи дослідження. Імітаційне моделювання процесів в конструкції секційного гідророзподільника за допомогою програмного пакету SolidWorks Flow Simulation.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримала подальший розвиток методика імітаційного дослідження течій робочої рідини в каналах секційного гідророзподільника, що дозволило оцінити та зменшити місцеві втрати тиску.

Практичне значення одержаних результатів. Результати кваліфікаційної роботи можуть бути впровадженні у виробництво з метою покращення технічних характеристик секційних гідророзподільників.

Вдалося зменшити масу заготовки на 36% та деталі «Робоча секція гідророзподільника» на 20% за рахунок удосконалення їх конструкції.

Розроблено рекомендації по вибору ливарних радіусів для удосконалення секційного гідророзподільника.

Особистий внесок магістранта. Основні результати, розрахунки та залежності, що наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримано самостійно.

Публікації: Трегубов В.О. Удосконалення конструкції секції гідророзподільника на основі інженерного аналізу / О.В. Трегубов, В.О. Никифайло, В.Р. Орленко // Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2024). Вінниця: ВНТУ. – 2023. – С. 3. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19738/16344

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ СЕКЦІЙНОГО ТИПУ

1.1 Огляд розвитку конструкцій гідророзподільників секційного типу для гідроприводів робочих машин

Розглянемо деякі особливості конструкцій секційних гідророзподільників для робочих машин.

У праці [1] секційний гідророзподільник має декілька робочих секцій, одну переливну секції та бокові кришки. Всі робочі секції за конструкцією, однакові для різних гідророзподільників (див. на рис. 1.1).

Секція складається з корпусу 1, в якому розміщений гідророзподільний золотник 2, блока регулятора із золотником 3, гільзи 4 і штовхача 5, а також механізму фіксації 6. Механізм фіксації включає поршень 7, шайбу 8, пружини 9 і 10 та шарики 11. Робоча секція має нагнітальну камеру 12, робочі камери 13 і 14, зливні камери 15 і 16, та канал 17.

Працює секційний гідророзподільник таким чином. Мінеральне олива від насоса надходить до нагнітальної камери 12 і далі через гільзу 4, золотник 3 та канал 17 – до гідророзподільного золотника 2. При переміщенні гідророзподільного золотника 2 ліворуч мінеральна олива через робочу камеру 13 буде надходити до гідродвигуна. Злив мінеральної оливи від гідродвигуна буде здійснюватися через робочу 14 і зливну 16 камери. При переміщенні гідророзподільного золотника 2 праворуч мінеральна олива буде надходити до гідродвигуна через робочу камеру 14, а злив з гідродвигуна здійснюється через робочу 13 і зливну 15 камери. При переміщенні гідророзподільного золотника 2 в крайню ліву позицію канал 17 закривається від робочих камер 13 та 14 і мінеральна олива до гідродвигуна від гідронасоса не підходить. Разом з тим, робочі камери 13 і 14 зв'язуються відповідно зі зливними камерами 15 і 16. Таким чином вхід і вихід гідродвигуна мають можливість з'єднання зі зливом, і буде діяти плаваючий режим роботи гідроприводу. Під час обертання штовхача 5 змінюється провідністю робочого

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

вина гільзи 4. Таким чином регулюється її величина потоку, що надходить від гідронасоса до гідродвигуна. Золотник 3 підтримує постійною величину потоку, що проходить через розглянуту секцію гідророзподільника. Перевагою цієї конструкції є наявність механізму фіксації 6 гідророзподільного золотника 2 в позиціях керування. Це відбувається за рахунок взаємодії профільного хвостовика гідророзподільного золотника 2 з шайбами 8, шариками 11 і поршнем 7. Недоліком цієї конструкції є її складність, що пов'язана з пристроєм регулятора.

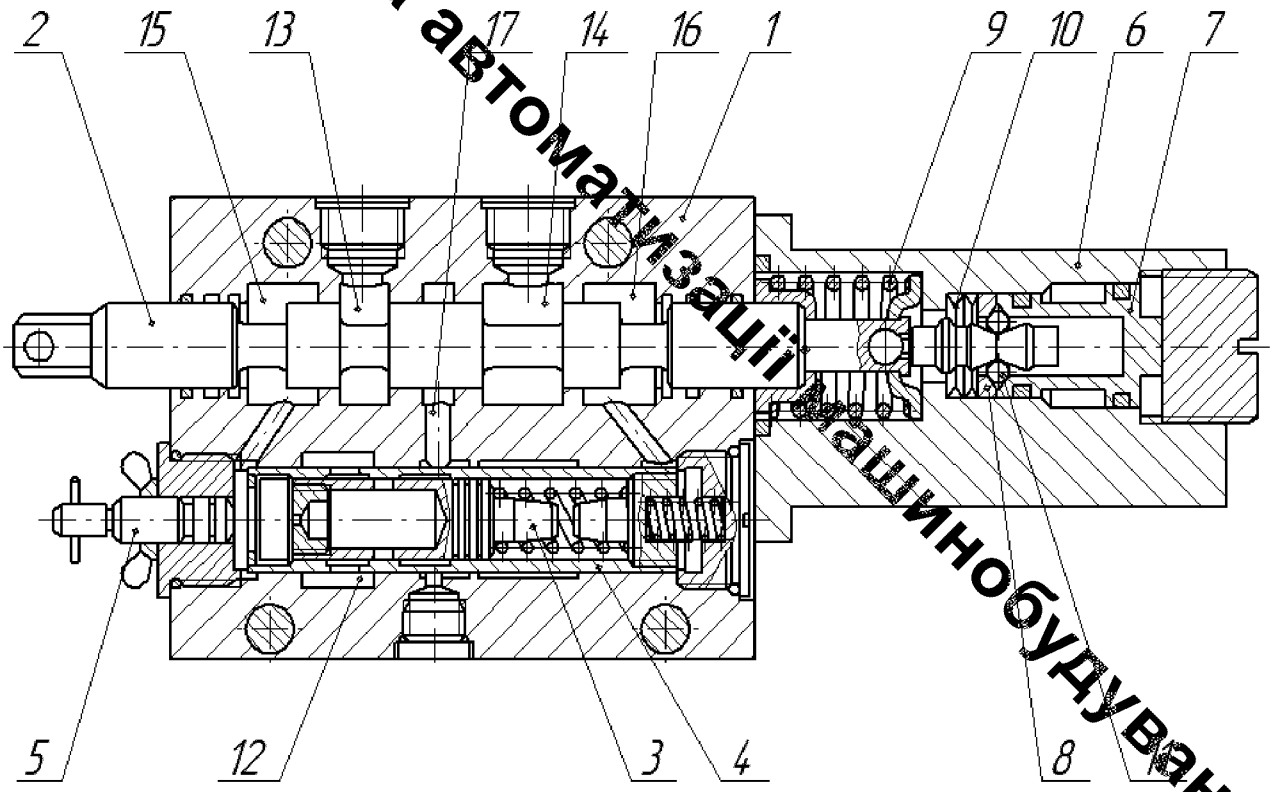


Рисунок 1.1 - Конструкція робочої секції секційного гідророзподільника розробленого в Вінницькому національному технічному університеті

У праці [2] подано конструкція секційного гідророзподільника фірми «Rexroth» (див. рис. 1.2). Він має спільні конструктивні риси з попередньо розглянутим секційним гідророзподільником (див. рис. 1.1). Важливим аспектом є серійність цього гідророзподільника і виготовлення литтям, що забезпечує можливість виготовити канали із спеціальними скругленнями, які зменшуть вплив кавітаційних процесів на його роботу.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

У металевому корпусі 1 в центрі знаходиться гідророзподільний золотник 2 та фіксуюча його нетральному положенні пружина 3. До гідророзподільного золотника 2 підходить нагнітальна камера 4, робочі камери 5 та 6, зливні камери 7 та 8. Таким чином він забезпечує незалежне керування декількома гідродвигунами. Він має значне покращення характеристик через використання регулятора витрати. При цьому в нагнітальній гідролінії кожної із секції встановлено зворотній клапан, пружинна камера якого через дренажну систему каналів з клапанами «АБО» з'єднуються з робочими гідролініями найбільш навантажених споживачів.

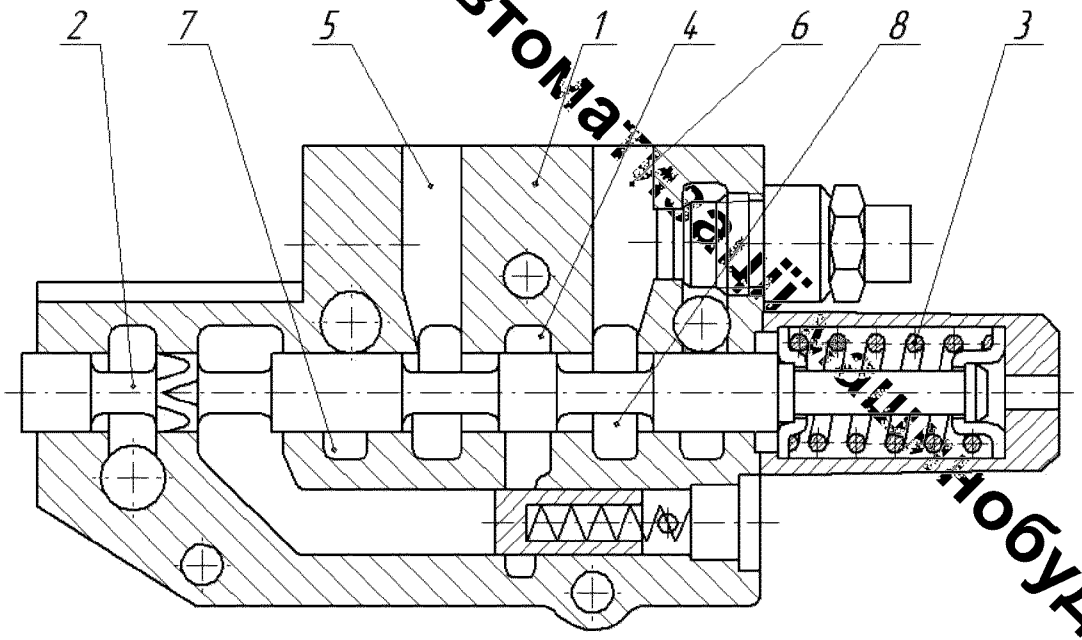


Рисунок 1.2 - Конструкція секційного гідророзподільника фірми «Rexroth»

Для поступової зміни витрат мінеральної оливи на золотнику 2 утворені ділянки із спеціальними канавками. Кромки золотника 2, що відділяють нагнітальну камеру від робочих камер, в процесі керування витратою не приймають участі. Вони забезпечують лише зміну напрямком потоків. Перевагою є те, що досягнуто можливість підвищення герметичності робочих камер 5 та 6 при нейтральній позиції гідророзподільного золотника 2 з одночасним використанням широкого діапазону регулювання витрати під час роботи. Недоліком є надмірна довжина та складність виготовлення основного гідророзподільного золотника 2.

Кафедра Технологій

У праці [3] наведено гідравлічна схема, саме дослідження та подальша оптимізація секційного гідророзподільника фірми «Danfoss». В результаті дослідження та оптимізації розроблено нову конструкцію секційного гідророзподільника для навантажувача вентильного типу (див. рис. 1.3). Цей гідророзподільник також має литий корпус із згладженими ребрами камер, як в попередньому екземплярі (див. рис. 1.2).

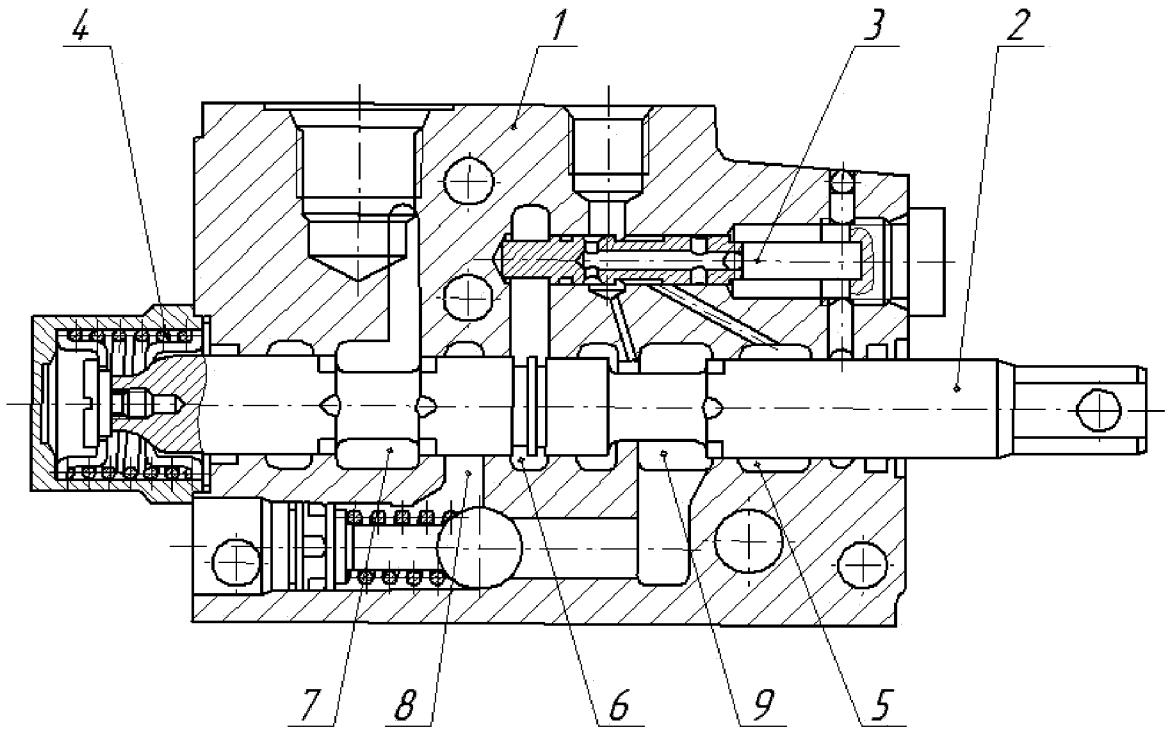


Рисунок 1.3 - Секційний гідророзподільник для навантажувача вентильного типу

Керування

В корпусі 1 у центрі встановлено гідророзподільний золотник 2, регулюючу функцію якого виконує золотник регулятора 3. При цьому пружина 4 забезпечує зворотній хід гідророзподільного золотника 2 і прикріплена до корпусу 1. Нагнітальна камера 5 через інші камери гідророзподільного золотника 2 та золотника регулятора 3 з'єднані із робочими камерами 6 та 7, та зливними камерами 8 та 9.

Основним недоліком цього секційного гідророзподільника є низькі перепади керування та погана чутливість до навантаження, що забезпечується комбінацією

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

дроселів. А основною перевагою є його скруглені контури після лиття, що зменшує кавітаційні процеси.

Крім цього фірма «Danfoss» випускає секційні гідророзподільники, що мають незалежне від знаку навантаження керування для мобільних робочих машин типу PVG 32. Секційні гіродророзподільники при цьому виконують в двох варіантах: із закритим та відкритим центрами (див. рис. 1.4 та 1.5) [4].

До конструкції секційного гідророзподільника входять клапан обмеження тиску 1, редукційний клапан 2, що забезпечує подачу мінеральнох оливи до системи керування, датчик тиску 3, втулка 4, жиклер 5, золотник, що регулює тиск 6, втулка 7. Також корпус секційного гідророзподільника має з'єднання сигналів LS 8 та 9, клапан «АБО» 10, основний золотник 11, клапан 12 що, обмежує LS-тиск, запобіжний і підживлюючий клапан PVLP 13, компенсатор тиску 14, канал А 15, та канал В 16, підживлюючий клапан PVLA 17, зворотній клапан 18 протитоку, канал допоміжної подачі потоку керування для PVE 19, гвинти, що регулюють максимальну подачу мінеральної оливи для каналів А і В 20.

Робота секційного гідророзподільника фірми «Danfoss» для мобільної робочої машини типу PVG 32 з відкритим центром полягає у наступному. При роботі гідронасоса основний золотник 11 в робочій секції зазвичай в нейтральному положенні, мінеральна олива поступає від гідронасоса через з'єднання Р, через золотник 6 клапана регулювання тиску прямо в гідробак. Потік мінеральної оливи, що йде через золотник 6 клапана регулювання тиску, визначає тиск гідронасоса. Під час приведення в дію одиного або більше золотників секцій гідророзподільника, максимальний тиск від навантаження діє через клапан «АБО» 10 в камеру пружини за золотником 6 клапана регулювання тиску, який повністю або навіть частково перекриває канал з'єднання з гідробаком. Тиск від гідронасоса діє на праву сторону золотника 6 клапану регулювання тиску. Тоді клапан 1 обмеження тиску буде відкритий, якщо тиск, що діє на нього перевищить встановлене значення, повертаючи потік від гідронасоса назад в гідробак. В секції гідророзподільника з компенсатором тиску клапан 14 підтримує постійний перепад тиску на основному

золотнику 11 в двох випадках: коли змінюється навантаження, або коли вмикається секція гідророзподільника з великим навантаженням.

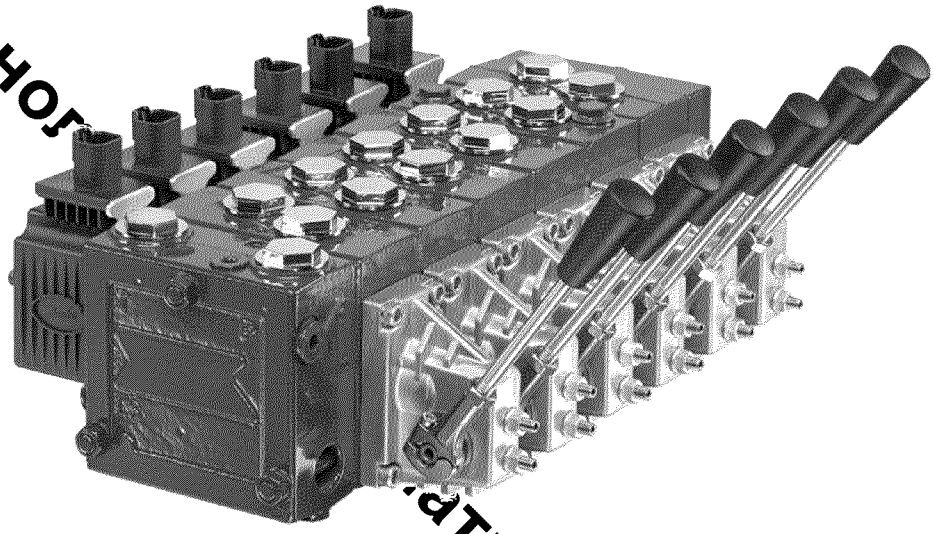


Рисунок 1.4 - Зовнішній вигляд секційного гідророзподільника фірми «Danfoss» для мобільної робочої машини типу PVG 32

Якщо в секційному гідророзподільнику не встановлено компенсуючого клапану в канал P, то там вбудований зворотній клапан протитоку 18. Він попереджує повернення потоку мінеральної оливи назад. Секція гідророзподільника зазвичай заповнена без оберненого клапану протитоку 18 в каналі P, якщо має місце гальмівний клапан в гідроприводі. Для захисту елементів гідропирводу від його перевантаження і (або) процесів кавітації встановлено запобіжні клапани PVLA 13 з фіксатором і підпиточні клапани PVLA в камерах A і B.

У варіанті із закритим центром замість втулки 4 встановлюється жиклер 5 і втулка 7. Це значить, що золотник 6 клапану регулювання тиску буде з'єднаний з гідробаком тільки тоді, коли тиск в камері P перевищить значення, що встановлено на клапані обмеження тиску 1.

Кафедра Теханог ...атизації машинобудування

Кафедра автоматизації машинобудування

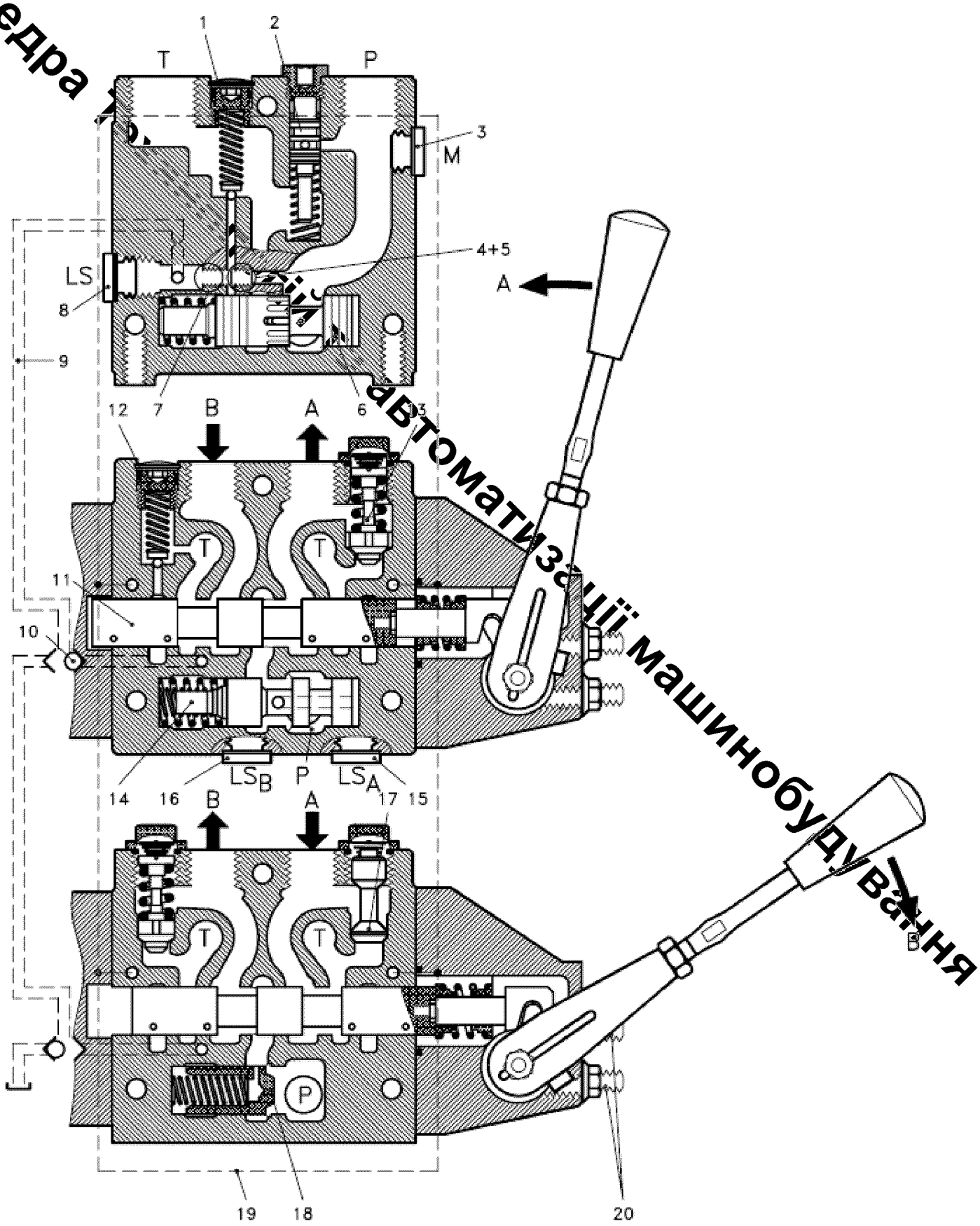


Рисунок 1.5 - Конструкція та схема каналів в секційному гідророзподільнику фірми «Danfoss»

Кафедра Технології та автоматизації будівництва

В гідроприводі мінеральна олива під навантажувальним тиском поступає до регулятора гідронасоса через з'єднання LS 8. В нейтральному положенні основного золотника 11 регулювання навантажувального тиску виставляє подачу так, що втрати в гідроприводі компенсуються для забезпечення тиску, який встановлено в режимі розвантаження. Після приведення в дію основного золотника 11 секційного гідророзподільника, регулятор гудронасоса настроює подачу таку, щоб підтримувати встановлену різницю тисків між P і LS. Клапан обмеження тиску 1 зазвичай виставлений на тиск приблизно вище максимального тиску на 3 МПа в гідроприводі.

На рис. 1.6 представлено конструкцію секційного гідророзподільника фірми «BOSCH» [5]. Основна секція включає сам корпус 1, в якому розташований основний золотник 2, зворотній клапан 3 та регулятор потоку 4 та два гідрозамка 5 і 6, а також механізм фіксації 7 основного золотника.

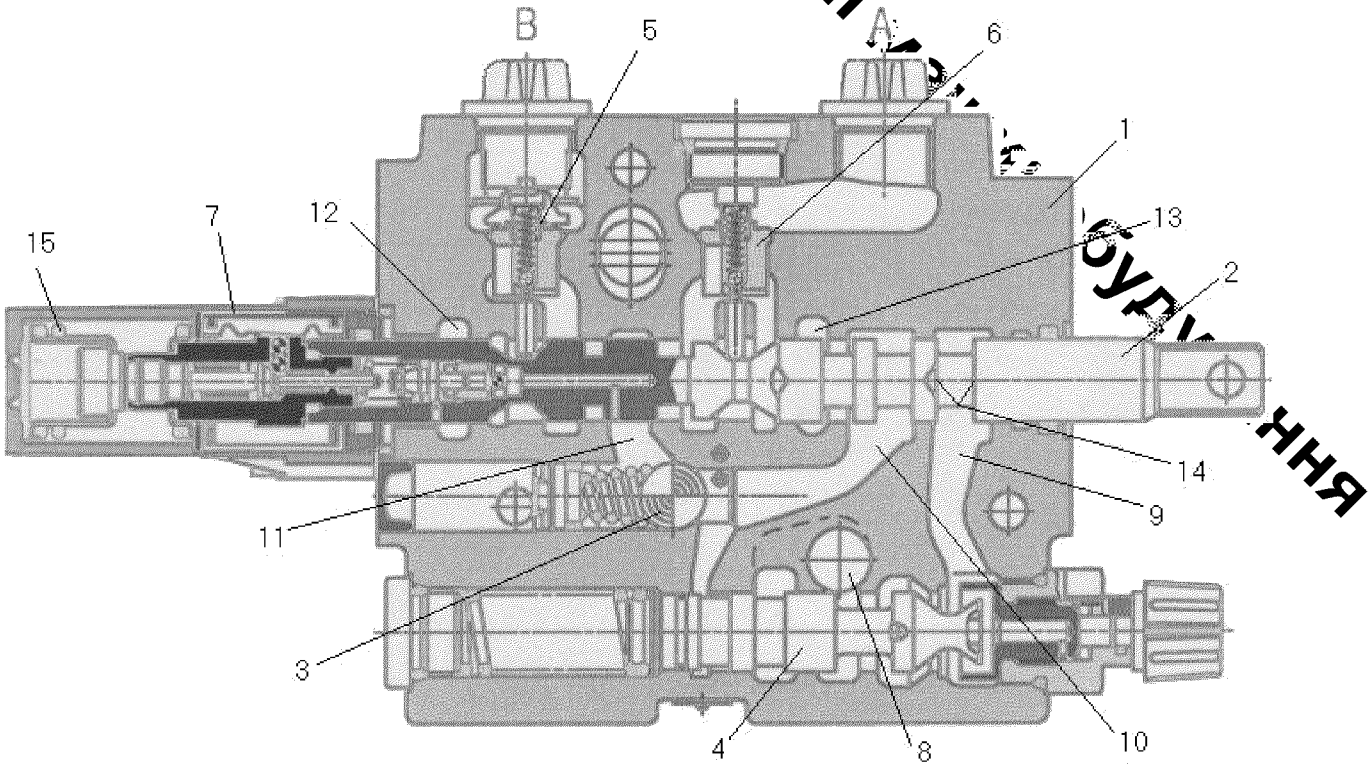


Рисунок 1.6 - Конструкція секційного гідророзподільника фірми «BOSCH»

Секція гідророзподільника працює наступним чином. Мінеральна олива від гідронасоса надходить в камеру 8 і далі через регулятор потоку 4, камеру 9,

основний золотник 2, зворотній клапан 3 знову рухається до основного золотника 2. В залежності від позиції основного золотника 2 потік мінеральної оливи поступає через гідрозамок 5 або 6 до гідроциліндра. Злив мінеральної оливи від гідроциліндра забезпечується через гідрозамки 5 та 6. Гідрозамки 5 та 6 мають механічний зв'язок з основним золотником 2. При переміщенні основного золотника 2 розточка 14 створює між камерами 9 та 10 дроселююче вікно. Його провідність визначається величиною потоку, що виходить від гідронасоса до гідроциліндра. Механізм 7 забезпечує фіксацію основного золотника 2 в робочих та плаваючій позиціях. Фіксація основного золотника 2 в нейтральній позиції досягається за рахунок пружини двосторонньої дії 15.

Отже, виконання скруглень та плавних переходів в камерах робочих секцій секційних гідророзподільників дозволяє зменшити кавітаційні процеси та появу турбулентних потоків.

1.2 Огляд робіт по дослідженню робочих процесів в гідророзподільниках

Гідроприводи зазвичай включають регульований або нерегульований гідронасос та один чи два регулятори потоку до нього, які здійснюють в автоматичному режимі контроль швидкості руху гідродвигунів. Також основними елементами є гідророзподільники, які зачасту виконуються в секційному вигляді, щоб забезпечити керування декількома гідродвигунами. Із гідроапаратури керування та захисту є запобіжні, редукційні, зворотні чи гальмівні клапани, гідрозамки та дроселі. Конструкції регуляторів потоку можуть суттєво впливати на роботу гідроприводу в цілому, тому велике значення має вибір схеми та параметрів регуляторів потоку, на стадії проєктування. Також на стадії проєктування виконують підбір та оптимізацію параметрів керуючої гідроапаратури і секційних гідророзподільників. Розробці і дослідженню схем, конструктивних параметрів і характеристик гідроприводів присвячена велика кількість робіт [6-11] І.А.Немировського, Ю.А. Бурєннікова, Л.Г. Козлова, О.П. Губарев, В.П. Бочаров, Ю.М. Дівєєва, Д.О. Лозінський, О.В. Петров, О.В. Піонткевич, А.О. Товкач.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

У праці [10] Бочаров В.П. описано гідроприводи авіаційної техніки. Подано основні відомості та варіанти їх конструювання. Навчальний посібник написано в навчальних цілях, для підготовки студентів та введення в курс гідравліки та гідроприводів. Розписано основні поняття стійкості, динамічних та статичних характеристик гідроприводів.

Границі стійкості та значення динамічних характеристик залежить від абсолютних значень параметрів гідроприводів. Вказані параметри гідроприводів, що знижують запас стійкості.

Зазначається, що суттєвим недоліком гідроприводів є наявність кавітаційних процесів. Розписано причини їх виникнення та як можна зменшити вплив. Хорошою практикою є наявність плавних переходів в камерах гідророзподільників та іншої гідроапаратури.

У праці [8] відзначається, що при проєктуванні врівноважувальних клапанів необхідно визначити як стійкість гідроприводів, так і вплив окремих конструктивних параметрів врівноважувальних клапанів на статичні та динамічні характеристики. Розглядаються імітаційні моделі потоку робочої рідини та розраховується вплив перепаду тиску на робочому вікні на роботу основного золотника. Встановлено, що врівнуважувальний клапан забезпечує покраження статичних, динамічних та енергетичних характеристик.

У праці [12] на основі результатів, отриманих за допомогою комп'ютерного моделювання продемонстровано процес розробки нових гідроагрегатів для гідроприводів або покращення характеристик існуючих моделей агрегатів. Використанно CFD-модуля Flow Simulation для дослідження втрат гідравлічного тиску в конструкції гідророзподільника. Розроблено 3D-модель робочої ділянки гідророзподільника в CAD-системі SolidWorks. Втрати тиску при проходженні мінеральної оливи через гідророзподільник виникають на виході з камери нагнітання і на вході в робочу камеру робочої секції гідророзподільника. Втрата тиску виникає з особливостями конструкції запірно-регулюючих елементів гідророзподільника. За результатами комп'ютерного моделювання гідродинамічних процесів руху мінеральної оливи під тиском через гідророзподільник визначено

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

втрати цього тиску. З метою зменшення втрат тиску запропоновано внести зміни в конструкцію гідророзподільника без погіршення його роботи. Це дозволило знизити втрати тиску в робочій камері гідророзподільника, що зменшує загальні втрати тиску в гідроприводі.

Ряд праць присвячені проблемі моделювання робочих процесів в гідроприводах та розрахунку на основі математичних моделей статичних та динамічних характеристик [6-9]. Ефективність використання математичних моделей гідроприводів зростає в разі розрахунків на комп'ютерів через програму MATLAB Simulink.

У праці [6] вказано, що моделювання на комп'ютері є продуктивним засобом досліджень гідроприводів з дроселюючим керуванням. Математичні моделі гідроприводів є в основному нелінійними та мають значну кількість функціональних залежностей, яких варто враховувати тільки через експериментальні дослідження з подальшим використанням під час розрахунків на комп'ютері.

У роботі [13] подано схему гідроприводу на основі нерегульованого шестеренного насоса. Розроблено нелінійну і лінеарізовану моделі гідроприводу. Розраховано вплив коефіцієнтів підсилення та парамтерів регулятора потоку на стійкість із лінеаризованої моделі. Зазначається, що розрахунки динамічних характеристик гідроприводу пов'язані із суттєвими складнощами, що зводиться до нелінійної математичної моделі. Саме тому варто проводити додаткові розрахунки за допомогою імітаційного моделювання.

У праці [14] відзначено імітаційні моделі для аналізу відцентрових насосів, вентиляторів і об'ємних насосів. У відцентрових насосах на основі методу «ковзної сітки» створено модель CFD для розрахунку характеристик потоку та визначено параметри роботи насоса, при яких виникає несприятливе явище кавітації. У випадку радіального вентилятора модель CFD використовувалася для визначення впливу геометрії впускного каналу на ефективність промислової установки. Основною метою CFD моделювання було отримати розподіл тиску та визначити області, в яких може виникнути кавітація. Для дослідження явищ потоку, які виникають у зовнішніх шестеренчастих насосах і пластинчастих насосах подвійної

ції використовувався метод «зануреного твердого тіла». Наведено результати 2D та 3D моделювання різних робочих параметрів насосів.

У праці [15] подано нову схему керування гідроприводом з регуляторами гідронасоса та тиску. Ґрунтується розробка на використанні регулятора гідронасоса і регулятора тиску, які дають плавність ходу виконавчих органів. Отже, вони забезпечують пропорційне керування робочим органом гідродвигунів при різному навантаженні. Створено нелінійну математичну модель гідроприводу на базі досліджень якої, розраховано, що стійкість гідропривода впливає конструктивні параметри його системи керування, а саме регулятори, гідророзподільники та клапани. Знайдено співвідношення конструкційних параметрів системи керування гідроприводу, що дозволяє забезпечити стійкість в широкому діапазоні його роботи.

У праці [16] основною метою є розробка методології параметричного моделювання витрати в гідророзподільних системах. Ця методологія базується на отриманні з CFD моделювання коефіцієнта потоку критичних обмежень як функції числа Рейнольдса, використовуючи узагальнену функцію квадратного кореня з двома параметрами. Потім методологія демонструється шляхом застосування її до двох абсолютно різних гідравлічних систем: головного гальмівного циліндра та клапана ABS. Цей тип параметричних моделей клапанів полегшує їх реалізацію в динамічних імітаційних моделях складних гідравлічних систем.

Отже, в результаті аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що під час розробки чи удосконалення елементів гідравлічних приводів, таких як гідророзподільники, варто використовувати комплексний підхід: математичне моделювання всього гідроприводу, імітаційне моделювання окремих елементів для уточнення процесів, що відбуваються в них, аналіз з подальшим експериментальним дослідженням дослідних зразків.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

РОЗДІЛ 2 СХЕМА ГІДРОПРИВОДУ З РОБОЧОЮ СЕКЦІЄЮ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА ТА АНАЛІЗ ПРОЄКТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У цьому розділі розглянуто схему гідроприводу на два виконавчі органи мобільної робочої машини. Розроблено розрахункову схему та математичну модель гідроприводу, які дозволять розрахувати основні парамтери досліджуваних об'єктів їх та динамічні характеристики. Для розрахунку математичних моделей використано потужне програмне забезпечення MATLAB Simulink, де продемонстровано результат складання блок-схем.

2.1 Схема гідроприводу робочої машини з секційним гідророзподільником

На рис. 2.1 представлено схема гідроприводів звичайних мобільних робочих машини [8]. Одним із основних гідроагрегатів гідроприводу є його секційний гідророзподільник спеціальної конструкції.

Схема гідроприводів мобільної робочої машини включає наступні елементи: гідронасос 1, секційний гідророзподільник із золотниками 2 та 3, логічні клапан 4 та 5, гальмівні клапани 6 та 7, дроселі 8 та 9, гідроциліндри 10 та 11, а також фільтр 12 та логічний клапан LS-системи 13.

Подана схема працює наступним чином. Гідронасос 1 подає в гідролінію нагнітання мінеральну оливу об'ємом $Q_н$, яка поступає до камер гідророзподільників із золотниками 2 та 3. При позиціонуванні золотників 2 та 3 в нейтральному положенні тиск в гідроприводі зростає до граничних значення налаштування пружини переливного клапана, а потім вся рідина, що поступає, через переливний клапан зливається в гідробак Б.

При поцизіонуванні золотників 2 та 3 вправо потік мінеральної оливи об'ємом $Q_р$ від робочої камери гідророзподільників надходить до гальмівних клапанів 6 та 7, звідки об'ємом $Q_т$ рідина надходить до робочих камер гідроциліндрів 10 і 11, враховуючи подачу гідронасосу 1 і підтримуючи швидкість руху його поршнів. Із рухом поршнів, відповідно, рухаються штоки з прикладеними навантаженнями.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

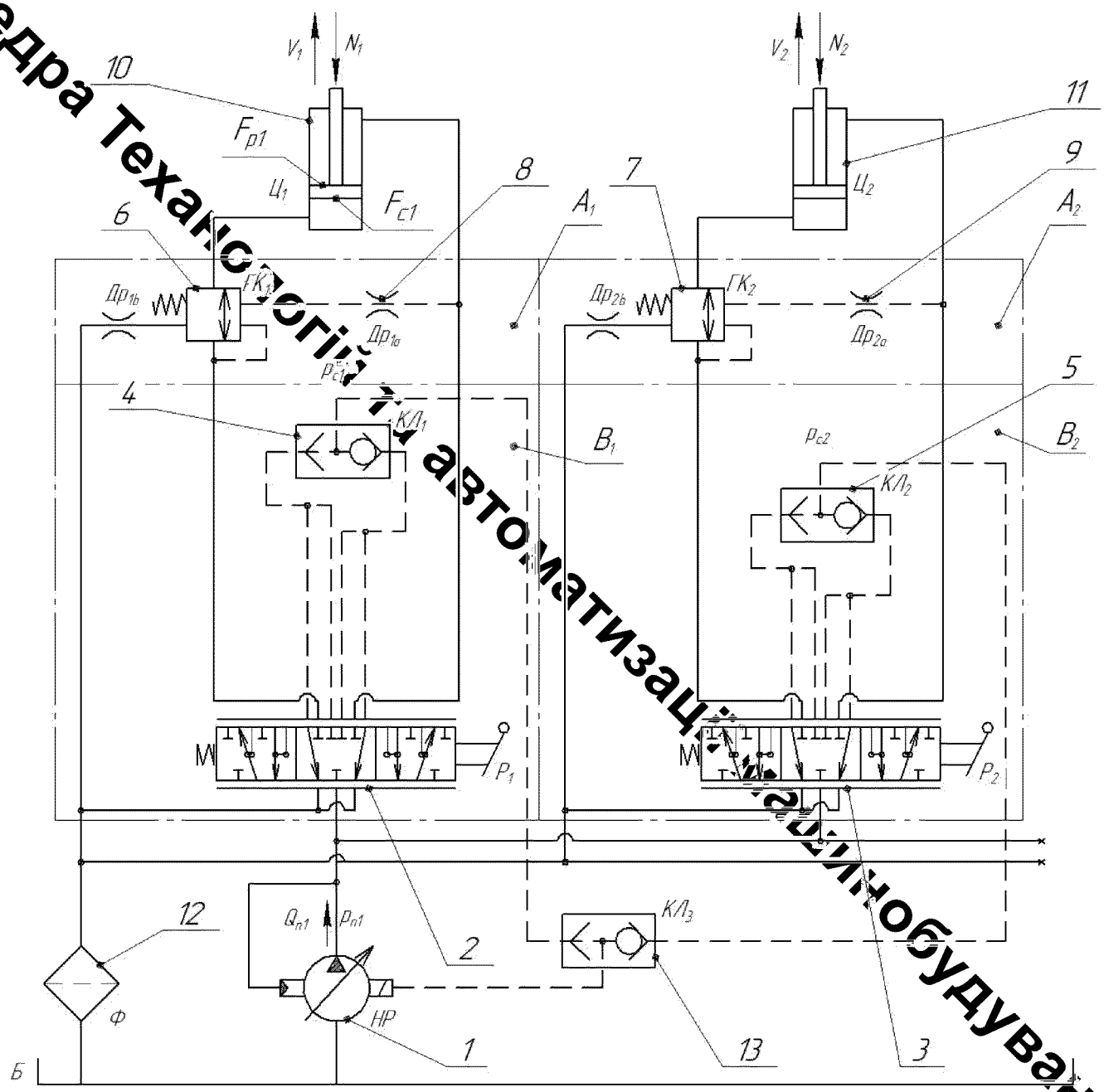


Рисунок 2.1 - Схема гідроприводу на два виконавчі органи для робочої мобільної машини

На вході з гідроциліндрів 10 і 11 встановлюється тиск $p_н$ пропорційно до навантаження, що діє на штоки гідроциліндрів 10 та 11. Одночасно надлишок мінеральної оливи під тиском $p_к$ надходить до переливного клапана.

Під час переміщення золотників вліво мінеральна олива поступає до правої камери гідроциліндрів 10 та 11, виникає попутне навантаження і в будь-якій іншій системі спостерігався б пульсуючий рух гідроциліндрів 10 та 11, однак у нашому

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

випадку тиск рідини буде діяти на штоки гальмівних клапанів 6 і 7 через дроселі 8 та 9, стабілізуючи при цьому рухи штоків гідроциліндрів 10 та 11.

За рахунок зміни величини площі робочого вікна на золотниках 2 та 3 можна пропорційно регулювати сигнал зворотнього зв'язку до гальмівних клапанів 6 та 7. У випадку коли тиск в гідролінії буде недостатній, щоб рухати шток гальмівного клапана 6 або 7, відбудеться запирання мінеральної оливи в порожнині камері. Гальмівний клапан 6 або 7 буде працювати як односторонній гідрозамок, а рух поршня із штоком гідроциліндра 10 або 11, відповідно, припиниться. Логічні клапани 4 і 5 забезпечують необхідний тиск керування в гідроприводі незалежно від сили навантаження на штоках гідроциліндрів 10 та 11. А за рахунок логічного клапана 11 тиск, що підходить на керування насосам 1 завжди буде більшим і відповідатиме більшому навантаженню гідроциліндр. Якщо в гідроприводі виникне перевантаження, то весь потік мінеральної оливи об'ємом $Q_к$ буде зливатися через переливний клапан назад до гідробаку.

Основною перевагою даної схеми гідроприводу над іншими є те, що вона дозволяє забезпечити точне регулювання подачі гідронасосу 1 та потоків мінеральної оливи до гідроциліндірв 10 та 11 незалежно від напрямку дії навантаження за рахунок використання гільмівних клапанів 6 і 7, та інших елементів, які налаштовані на малий перепад тиску. Це дозволяє забезпечити плавний рухів виконавчих механізмів. А подача гідронасосу 1 дорівнюватиме сумарній подачі мінеральної оливи через включені робочі секції гідророзподільника. При цьому спостерігається позитивний вплив на збільшення терміну експлуатації мінеральної оливи, а також збільшеня продуктивності обладнання мобільної робочої машини [17].

2.2 Аналіз проєктних робіт по математичному моделюванню для гідроприводу мобільної робочої машини

Проєктні роботи по розробці гідроприводу зводяться до розробки розрахункової схеми, математичної моделі та розв'язання нелінійних

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

диференціальних рівнянь з подальшим вибором і оптимізацією парамтерів математичної моделі. Алгоритми цих розрахунків закладені в численну кількість наукових робіт [1, 7, 8, 11, 18] та мають значний успіх. Ми розберемо основні аспекти які виконано під час проєктування гідроапаратури.

Спершу розглянемо методику математичного моделювання робочих процесів у гідроприводі. Розрахункова схема (див. рис. 2.2) [18] з гідроприводом включає гідронасос 1 змінного робочого об'єму, напірну лінію 2, в якій встановлений регульований дросель 3 і виконує функції робочого вікна гідророзподільника, робочу лінію 4, гідроциліндр 5 з штоком 6 та робочу лінію 7, в якій встановлений гальмівний клапан 8. Гальмівний клапан 8 складається з прохідного вікна 19, золотника 9 та пружини 10 та зливної лінії 21 як з'єднана з гідробаком 11. Гідронасос 1 складається з плунжерів 15, 16 регулятора тиску 12 тв дроселя 18. Регулятор тиску 12 має прохідне вікно 20, золотник 13 та пружину 14.

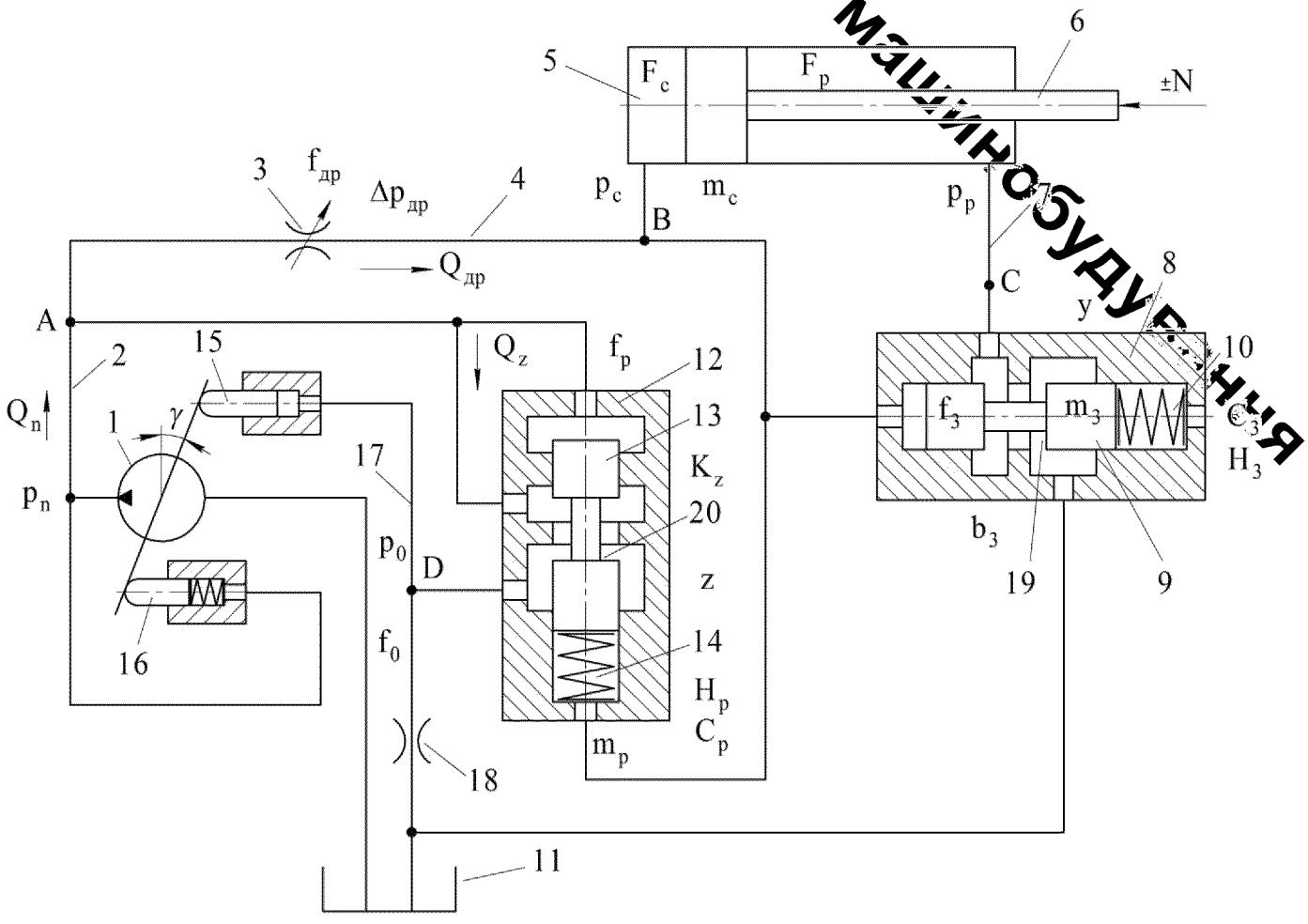


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема гідроприводу мобільної робочої машини

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Робота за розрахунковою схемою гідроприводу мобільної робочої машини описана в праці [18]. За розрахунковою схемою та додатковим аналізом інших праць складено та описано математичну модель [8] нелінійних диференціальних рівнянь.

Складання математичної моделі проводилося за припущень, що зменшують важкість розрахунків однак можуть погіршувати їх точність. До припущень увійшли: розглянуто зосереджені параметри в гідропривод; температура мінеральної оливи прийнято постійною; хвильові процеси під час розрахунків в гідроприводі не враховано; коефіцієнти потоку, що формуються через дроселі та інші золотникові елементи вважаємо постійні; режими руху мінеральної оливи в гідроприводі – безкавітаційні; перетікання мінеральної оливи в щілинах гідронасоса, гідроциліндра та гальмівного клапана не враховано; коефіцієнт податливості мінеральної оливи вважався як середня величина; а також, втрати тиску в лініях не враховано.

$$
\begin{cases}
Q_n = \mu \cdot f_{dr} \cdot \sqrt{\dfrac{2(p_n - p_c)}{\rho}} + \mu \cdot k_z \cdot z \cdot \sqrt{\dfrac{2(p_n - p_0)}{\rho}} + \beta \cdot W_n \cdot \dfrac{dp_n}{dt}; \\
\mu \cdot f_{dr} \cdot \sqrt{\dfrac{2(p_n - p_c)}{\rho}} = F_c \cdot V + \beta \cdot W_c \cdot \dfrac{dV}{dt}; \\
F_p \cdot V = \mu \cdot \pi \cdot d_3 \cdot y \cdot \sqrt{\dfrac{2p_p}{\rho}} + \beta \cdot W_p \cdot \dfrac{dp_p}{dt}; \\
\mu \cdot k_z \cdot z \cdot \sqrt{\dfrac{2(p_n - p_0)}{\rho}} = \mu \cdot f_0 \cdot \sqrt{\dfrac{2\mathrm{p}_0}{\rho}} + \beta \cdot W_0 \cdot \dfrac{dp_0}{dt}; \\
J \cdot \dfrac{d^2\gamma}{dt^2} = p_n \cdot F_5 \cdot l - p_0 \cdot F_4 \cdot l - b_\gamma \cdot \dfrac{d\gamma}{dt} - M_c; \\
m_c \cdot \dfrac{dV}{dt} = p_c \cdot F_c - p_p \cdot F_p \pm N - b_c \cdot V - T_c \cdot \operatorname{sing} V; \\
m_3 \cdot \dfrac{d^2y}{dt^2} = p_c \cdot f_3 - b_3 \cdot \dfrac{dy}{dt} - c_3(H_3 + y) - T_3 \cdot \operatorname{sing} \dfrac{dy}{dt}; \\
m_p \cdot \dfrac{d^2z}{dt^2} = p_n \cdot f_p - b_p \cdot \dfrac{dz}{dt} - c_p \cdot f_p - T_p \cdot \operatorname{sing} \dfrac{dz}{dt}.
\end{cases}
\tag{2.1}
$$

де [18] Q_n – подача гідронасоса, M_c – момент опору від планшайбі гідронасоса, μ – постійний коефіцієнт потоку, ρ – густина мінеральної оливи, β – коефіцієнт стискання мінеральної оливи, d_7 – діаметр плунжена гідронасоса, d_8 – діаметр кола контакту плунжерів гідронасоса з його планшайбою, k – кількість плунжерів в гідронасосі, n – частота обертання вала гідронасоса, d_3 – діаметр золотника гальмівного клапана, f_r, f_o – площі дроселів 3 та 18, відповідно, W_n, W_c, W_p, W_o – об'єми ліній 2, 4, 7, 17, відповідно, m_c, m_3, m_p – маси елементів, C_p, C_3 – жорсткості пружин 14 та 10, відповідно, Z_p, H_3 – початкове стиснення пружин 14 та 10, відповідно, b_γ, b_c, b_3, b_p – коефіцієнти демпфування в елементах гідроприводу, N – значення навантаження на штоці 6 гідроциліндра 5, k_z – коефіцієнт підсилення регулятора 12, F_c, F_p – площі гідроциліндра, F_4, F_5 – площі плунжерів 15 та 16, відповідно, J – момент інерції від планшайби гідронасоса, T_c, T_3, T_p – сили тертя між елементами, f_3, f_p – робочі площі золотників 9 та 13, відпвоідно, z, y – значення положення золотників клапанів, V – швидкість руху штока 6, p_n, p_c, p_p, p_o – значення тисків в лініях 2, 4, 7, 17, γ – кут повороту планшайби гідронасоса.

Отже, математична модель (2.1) складається з рівнянь нерозривності потоків для ліній, рівняння моментів, що діють на елементи гідронасоса, а також рівняння сил, що діють на рухомі елементи золотників (див. рис. 2.2). Таким чином математична модель – це складна система з 8-и диференціальних рівнянь.

Отже, нелінійні диференціальні рівняння (2.1) математичної моделі гідроприводу, в широкій практиці [8, 11, 18] розв'язуються шляхом розробки моделювання перехідних процесів в програмі MATLAB-Simulink.

Головна блок-схема, що зображає загальний вигляд зв'язків між нелінійними диференціальними рівняннями (2.1) представлено на рис. 2.3. Структурна схема блок-схеми включає ряд підсистем. Ці підсистеми розв'язують відповідне нелінійне диференційне рівняння [19]: позиція 1 — Subsystem 6; позиція 2 — Subsystem 1; позиція 3 — Subsystem 0; позиція 4 — Subsystem 7; позиція 5 — Subsystem 4; позиція 6 — Subsystem 2; позиція 7 — Subsystem 3; позиція 8 — Subsystem 5.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

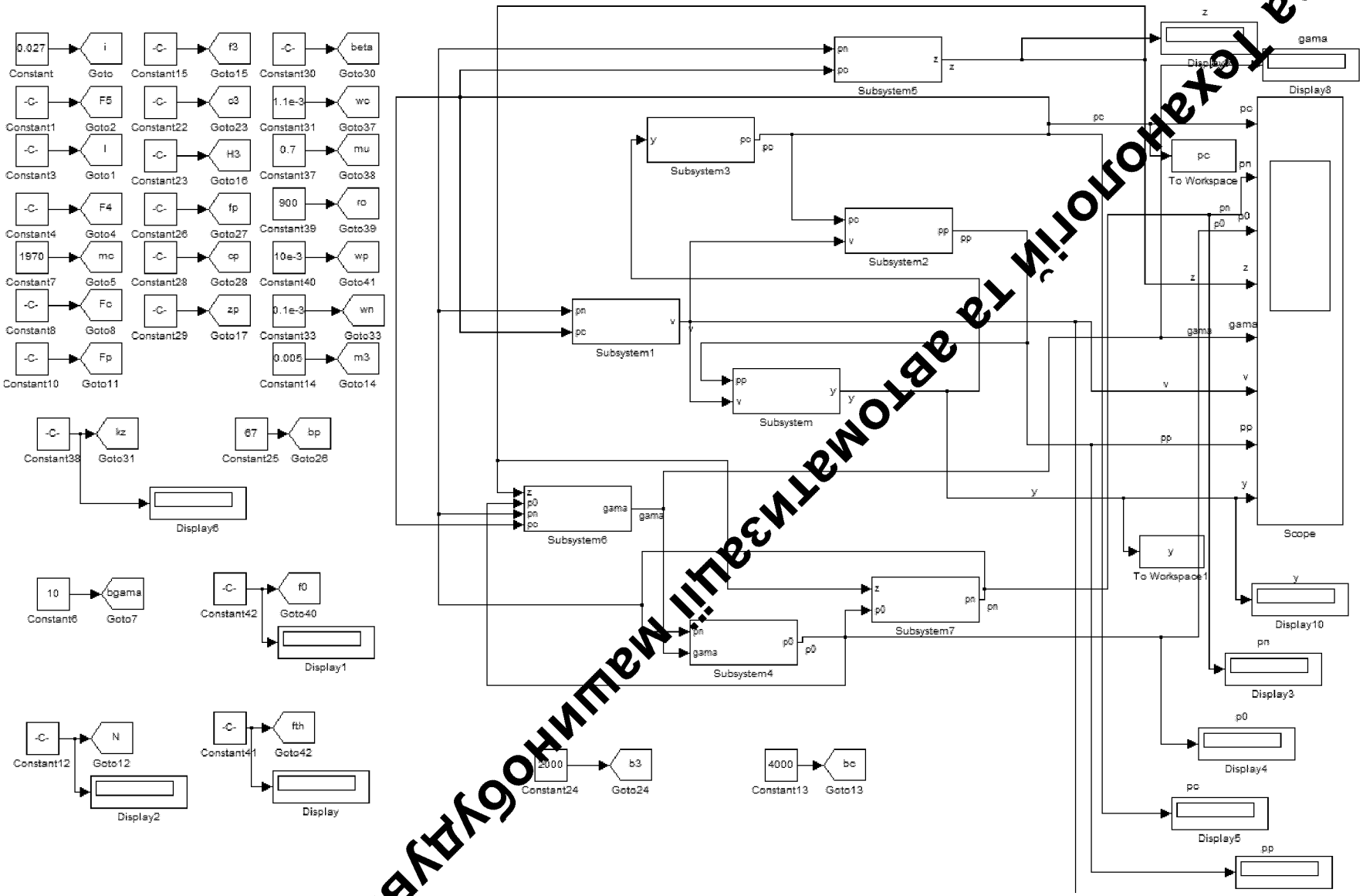


Рисунок 2.3 - Головний блок-схема розв’язання математичної моделі гідроприводу

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

2.3 Вплив параметрів деталі «Робоча секція гідророзподільника» на динамічні характеристики перехідних процесів в гідроприводі робочої машини

Гідроприводи мобільних робочих машин роблять у відносно широких діапазонах керування швидкості руху виконавчих органів. Режим роботи гідроприводу зазвичай характеризуються частим увімкненням та вимкненням гідронасосів і гідророзподільників [8], та зміною характеру навантаження на гідродвигунах. У процесі робіт проєктування проводять дослідження гідроприводів та визначають вплив основних конструктивних параметрів гідрообладнання на динамічні характеристики. Але перш за все потрібно дослідити стійкість роботи [18].

Стійкість роботи обладнання гідроприводів розраховувалася за видом перехідного процесу під час математичного моделювання. Стійкими можна вважати перехідні процеси, при яких невпинно зменшується амплітуда коливань перехідних процесів. В процесі математичного моделювання параметри гальмівного клапана гідроприводів змінювались в діапазонах, представлених в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Діапазони змін параметрів гальмівного клапана гідроприводу

Параметр	Одиниці вимірювання	Діапазон
d_3	м	$(12...24)\cdot10^{-3}$
K_3	м	$(5...30)\cdot10^{-3}$

Математичне моделювання проводилоя при наступних початкових значеннях змінних стану гідроприводі мобільної робочої машини [8, 18]: $z(0) = 0{,}1 \cdot 10^{-3}$ м; $y(0) = 4 \cdot 10^{-3}$ м; $V(0) = 0$; $p_n(0) = 17 \cdot 10^5$ н/м; $p_c(0) = 4 \cdot 10^5$ н/м; $p_p(0) = 1 \cdot 10^5$ н/м; $p_o(0) = 6 \cdot 10^5$ н/м; $\gamma(0) = 0{,}03$ рад.

Основні параметри гідроприводу мобільної робочої машини [8, 18]: $\mu = 0{,}67$; $\rho = 900$ кг/м^3; $\beta = 10^{-10}$ м^2/н; $W_n = 3\cdot10^{-3}$ м; $W_c = 2\cdot10^{-3}$ м; $W_p = 2\cdot10^{-3}$ м; $W_o = 0{,}05\cdot10^{-3}$ м; $m_c = 1600$ кг; $m_3 = 0{,}05$ кг; $m_p = 0{,}02$ кг; $C_p = 1\cdot10^4$ н/м; $C_3 = 1\cdot10^4$ н/м; $Z_p = 6\cdot10^{-3}$ м; $H_3 = 48\cdot10^{-3}$ м; $d_p = 6\cdot10^{-3}$ м; $K_z = 10\cdot10^{-3}$ м; $b_c = 3000$ н·с/м; $F_c = 50\cdot10^{-4}$ м^2; $F_p = 30\cdot10^{-4}$ м^2;

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

F_4 = 4,2·10^{-4} м^2; F_5 = 2·10^{-4} м^2; J = 0,2 кг·м^2; T_c = 350 Н; T_3 = 8 Н; T_p = 5 Н; $f_3 = 3{,}2 \cdot 10^{-4}$ м^2; $f_p = 0{,}5 \cdot 10^{-4}$ м^2

Діапазон зміни парамтерів, що враховують умови праці гідроприводу, подано в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Діапазон зміни параметрів, що враховують умови праці гідроприводу

Параметр	Одиниці вимірювання	Діапазон
d_c	м	(70...120) ·10^{-3}
m_c	кг	30...1000
W_c	м^3	(0,5...5,0) ·10^{-3}
W_p	м^3	(0,5...5,0) ·10^{-3}

Розглянуто два режими роботи: зустрічного навантаження (прямий рух мінеральної оливи) та попутного навантаження (зворотній рух мінеральної оливи). Моделювалося ступенева зміна навантаження N на штоку гідроциліндра: прямий рух (4000...16000)Н та зворотній рух (50...5000) Н.

На рис. 2.4-2.5 показаний вплив умов праці гідроприводу при прямому русі мінеральної оливи на положення зон стійкої роботи. Найгірші показники стійкості гідроприводу виникають при великих значеннях W_c і W_p (див. рис. 2.4). Значно погіршує показники стійкості гідроприводу також зменшення діаметра гідроциліндра d_c і збільшення маси вантаж, що діє на поршень m_c (див. рис. 2.5).

Режим зворотного руху мінеральної оливи відрізняється від режиму прямого руху значно малими показниками величин тиску в гідроприводі. Характерною особливістю його роботи є зменшення величини тиску p_c в гідроциліндрі при збільшенні навантаження N. Гідропривод має підтримувати налаштовану швидкість руху за рахунок використання регульованого гідронасоса.

Кафедра технології автоматизації машинобудування

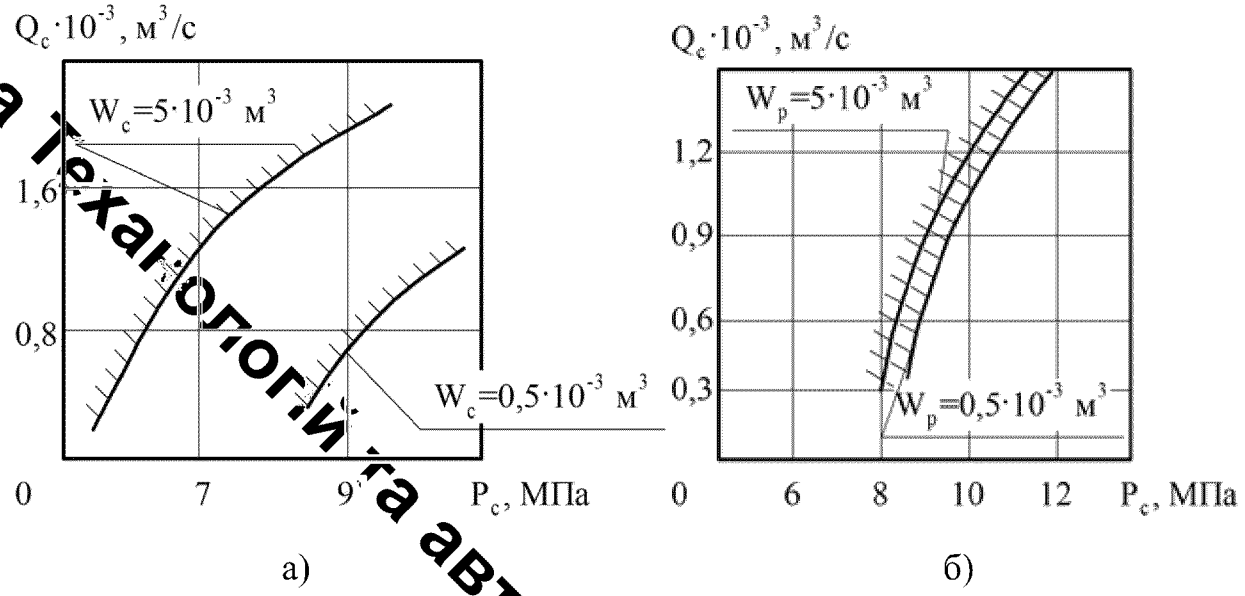


Рисунок 2.4 - Вплив об'єму гідролінії W_c а) та W_p б) на стійкість гідроприводу

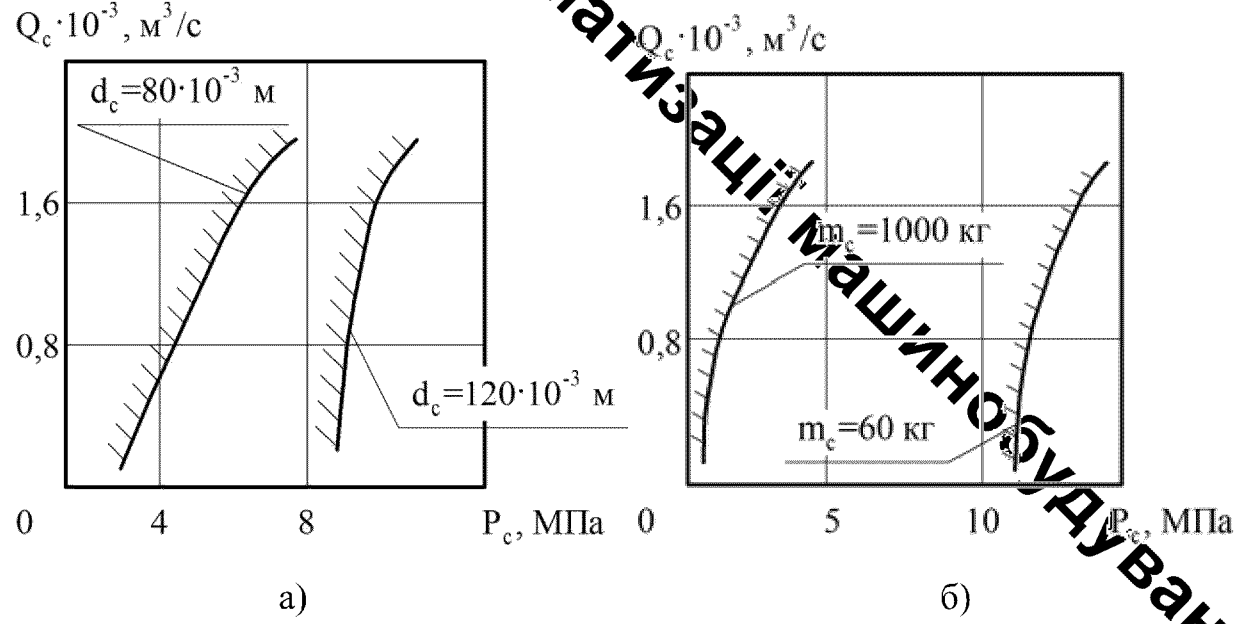


Рисунок 2.5 - Вплив діаметра поршня гідроциліндра d_c а) та маси поршня гідроциліндра m_c б) на стійкість гідроприводу

На стійкість гідроприводу також впливають величини K_z, K_3 і d_3. Залежність стійкості гідроприводу від їх показників параметрів показаний на рис. 2.6, а. Для величин K_3 і d_3 в гідроприводі втрачається стійкість, а при значеннях $K_3 = (5...21)\cdot10^{-3}$ м та $d_3 = (12...20)\cdot10^{-3}$ м працює без проблем. При зворотному русі мінеральної оливи вплив параметрів K_3 та d_3 гальмівного клапана близькі до характеру впливу цих параметрів при прямому русі (див. рис. 2.6, б).

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

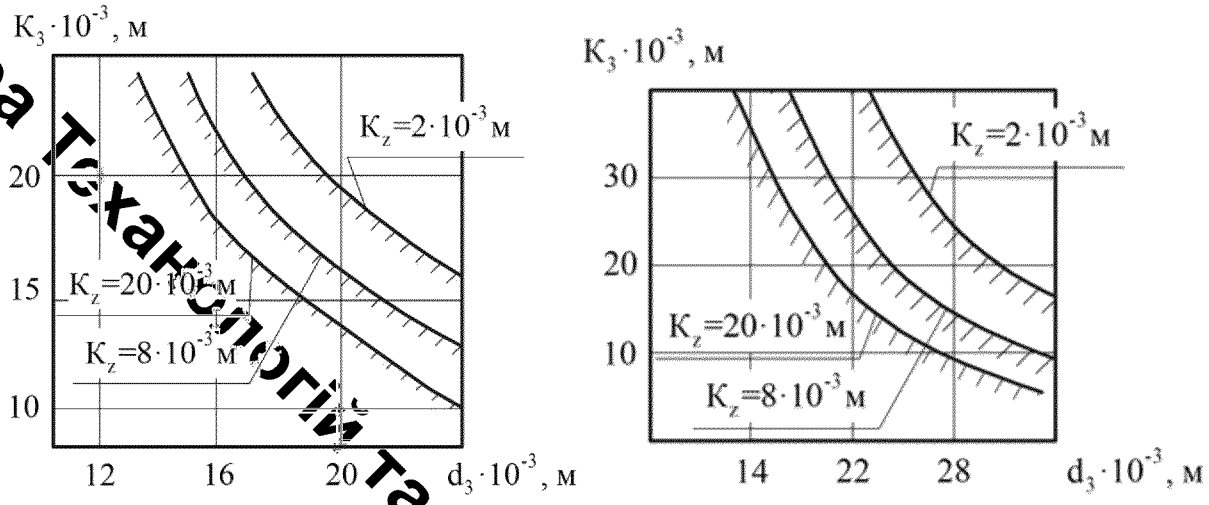


Рисунок 2.6 - Вплив параметрів регуляторів K_z, K_3 та d_3 на стійкість гідроприводу
при прямому а) та зворотному б) русі мінеральної оливи

Час регулювання в гідроприводі розраховувався для моменту входження його до змінної p_c в ±5%-й коридор для усталеного значення.

На рис. 2.7 показано вплив умов праці гідроприводу на час регулювання параметрів при зворотньому русі мінеральної оливи. Найбільш суттєвий вплив по часу регулюваня мають величини W_c, W_p, d_c, m_c. При великих значеннях W_c і m_c та малих значеннях d_c в гідроприводі може виникати нестійкі режими руху. Крім того, гідропривод втрачає стійкість при малих значеннях W_p.

На рис. 2.8, а показано вплив параметрів гальмівного клапана на величину часу регулювання при прямому русі мінеральної оливи. Збільшення значень K_3 і d_3 веде до збільшення величини часу. Заштриховані області показують діапазони зміни параметрів регулятора насосу та регулятора тиску, в яких виконуються вимоги до гідроприводу по часу регулювання.

Вплив параметрів гальмівного клапана d_3 та K_3 (див. рис. 2.8, б) на час регулювання при зворотному русі мінеральної оливи відрізняється від впливу цих параметрів при зустрічному навантаженні, але час регулювання однаковий.

Кафедра Технологія автоматизації машинобудування

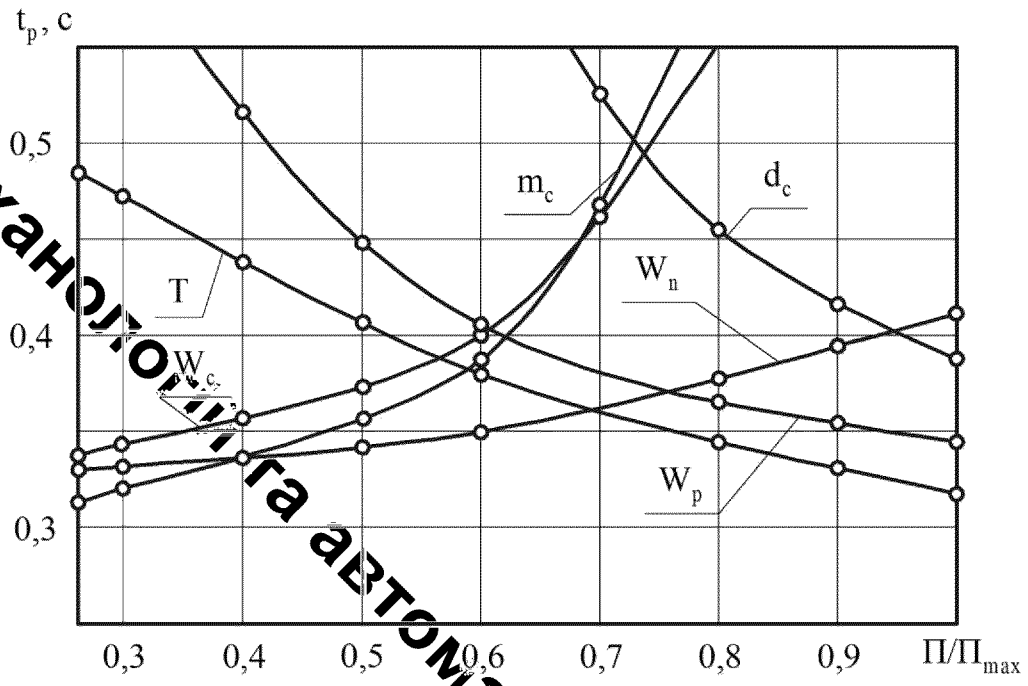
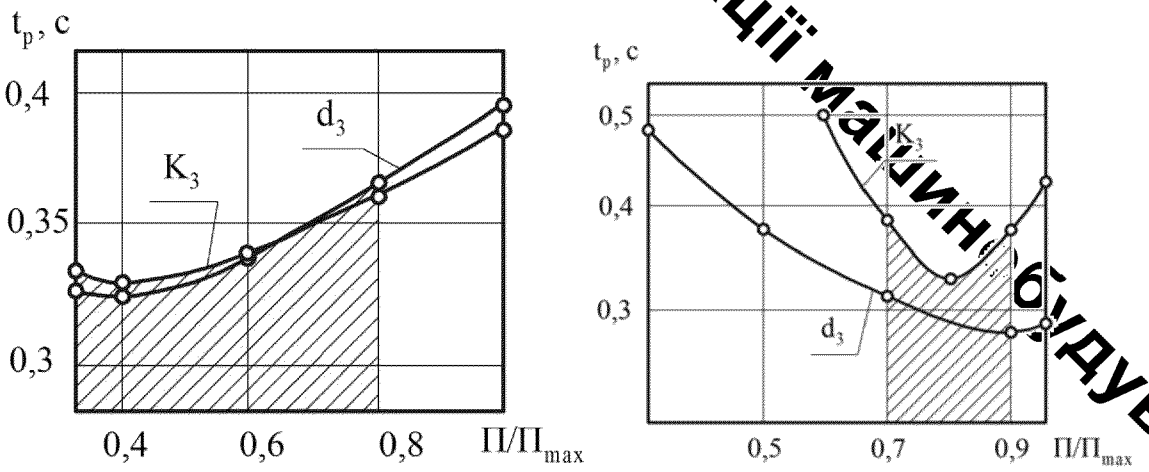


Рисунок 2.7 - Вплив параметрів, що характеризують умови роботи на час регулювання при зворотному русі



а) б)

Рисунок 2.8 - Вплив параметрів регулятора тиску K_3 та d_3 на час регулювання при прямому а) та зворотному б) русі мінеральної оливи

Зробивши аналіз графіки на рис. 2.4-2.8 пропонуємо звузити діапазон вибору значень параметрів гальмівного клапана. Результати аналізу зведемо до табл. 2.3.

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Таблиця 2.3 – Діапазони параметрів гальмівного клапана гідроприводу щодо вимог по часу регулювання

Параметр	Одиниці вимірювання	Діапазон
Прямий рух мінеральної оливи		
d_3	м	$(12...19)\cdot10^{-3}$
K_3	м	$(12...24)\cdot10^{-3}$
Зворотній рух мінеральної оливи		
d_3	м	$(17...22)\cdot10^{-3}$
K_3	м	$(21...27)\cdot10^{-3}$

Отримані значення парамтерів гальмівного клапана дають нові діапазони, які задовольняють умови при прямому і зворотньому русі мінеральної оливи: d_3 = $(17...19)\cdot10^{-3}$ м; $K_3 = (21...24)\cdot10^{-3}$ м.

Як змінні в часі, які будуть описувати стан гідроприводу, для визначення величини перерегулювання σ застосуємо: при прямому русі – величину тиску p_n, при зворотному русі – величину тиску p_p.

На рис. 2.8-2.10 подані впливи умов праці гідроприводу на величину перерегулювання при прямому русі мінеральної оливи.

При великому значенні d_c, маллму значенні W_c величина перерегулювання мінімальна. Збільшення маси m_c вантажу веде до зростання величини перерегулювання σ.

При зворотному русі мінеральної оливи в приводі величини тисків p_c та p_p значно менші, ніж у випадку прямого руху. Тому величина перерегулювання за вказаними тисками не має суттєвого впливу на характер роботи гідроприводу і не створює умов, які могли б вивести з ладу його елементи.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

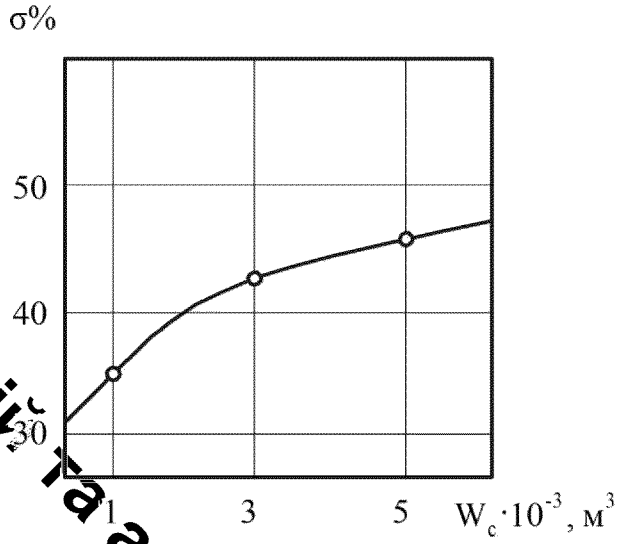


Рисунок 2.8 - Вплив об'єму гідролінії W_c на величину перерегулювання

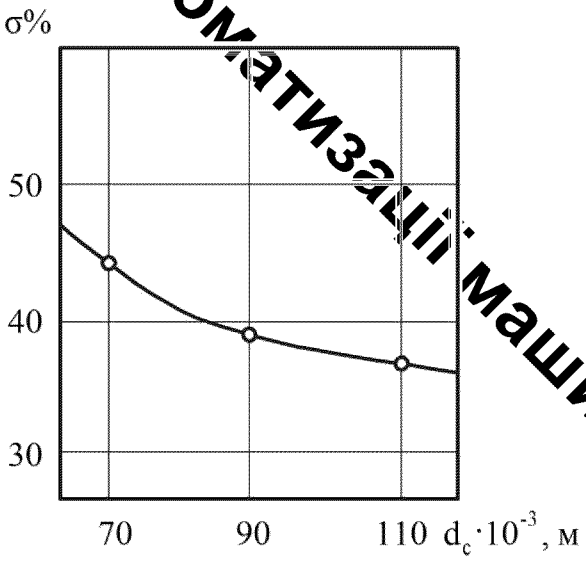


Рисунок 2.9 - Вплив діаметру поршня d_c на величину перерегулювання

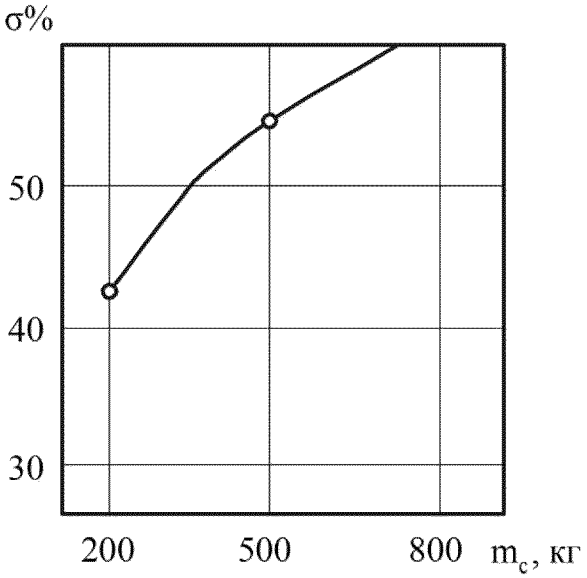
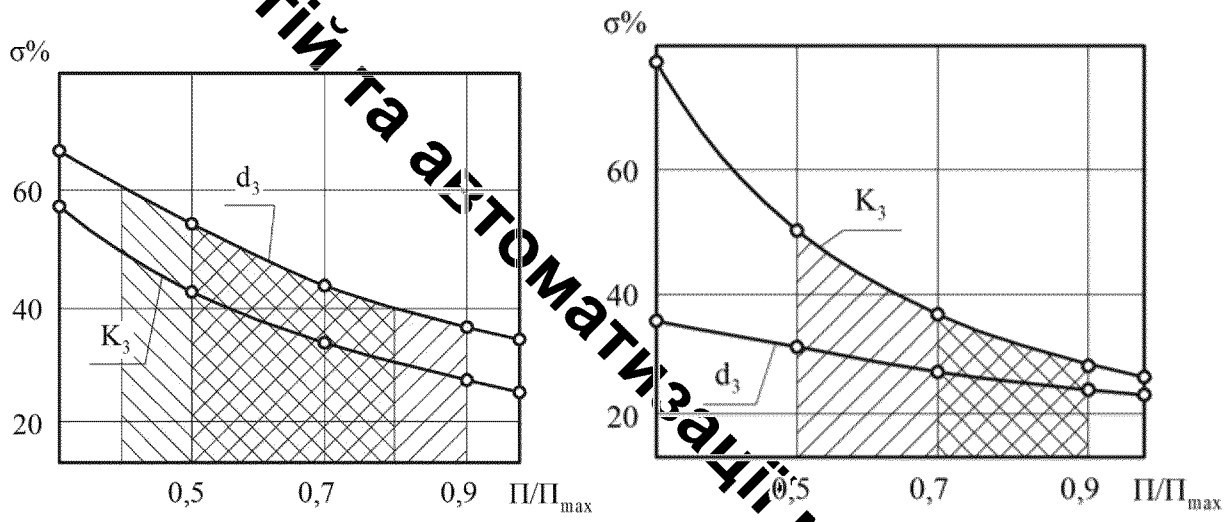


Рисунок 2.10 - Вплив маси поршня m_c на величину перерегулювання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

На рис. 2.11 подано впливи параметрів гільмівного клапана гідроприводу на величину перерегулювання при прямому навантаженні. Збільшення значень K_3 і d_3 веде до зменшення величини перерегулювання. Заштрихована область показує діапазон зміни конструктивних параметрів гальмівного клапана, в яких виконуються вимоги до гідроприводу по величині перерегулювання.



а) б)

Рисунок 2.11 - Вплив параметрів регулятора тиску K_3 та d_3 на величину перерегулювання при прямому а) та зворотному б) русі мінеральної оливи

Вплив параметрів регулятора тиску d_3 та K_3 (див. рис. 2.11) на величину перерегулювання при зворотному русі мінеральної оливи трохи відрізняється від впливу цих параметрів при прямому русі мінеральної оливи. В обох випадках зниження часу перерегулювання може бути досягнуто за рахунок зменшення величин K_3 і d_3.

Зробивши аналіз отриманих графіків на рис. 2.8-2.11 проводим ще раз уточнення діапазонів вибору значень параметрів галмьівного клапана для секційного гідророзподільника. Результати аналізу та розрахунків запишемо до табл. 2.4, які знову зменшують діапазон вибору параметрів.

Таблиця 2.4 – Діапазони параметрів галмьівного клапана гідроприводу через величину перерегулювання

Параметр	Одиниці вимірювання	Діапазон
Прямий рух мінеральної оливи		
d_3	м	$(12...19)\cdot10^{-3}$
K_3	м	$(15...24)\cdot10^{-3}$
Зворотній рух мінеральної оливи		
d_3	м	$(17...22)\cdot10^{-3}$
K_3	м	$(21...27)\cdot10^{-3}$

Об’єднавши множини діапазонів значень параметрів гальмівного клапана секційного гідророзподільника, отримаємо необхідні значення нових діапазонів, які дозволяють задовільнити умови роботи для прямого та зворотного руху мінеральної оливи: $d_3 = (17...19)\cdot10^{-3}$ м та $K_3 = (21...24)\cdot10^{-3}$ м. Отримані парамтери дозволяють ефективно відкоректувати конструкції секційного гідророзподільника для подальшого удосконалення.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації

РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СЕКЦІЙНОГО ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА

В цьому розділі викладено матеріали по дослідженню робочих процесів в секційному гідророзподільнику та удосконалення його деталі «Робоча секція гідророзподільника».

3.1 Дослідження потоків робочої рідини через канали деталі «Робоча секція гідророзподільника»

Після складних математичних розрахунків було запропоновано конструкцію секційного гідророзподільника, який забезпечує отримані вище характеристики (див. рис. 3.1) [8].

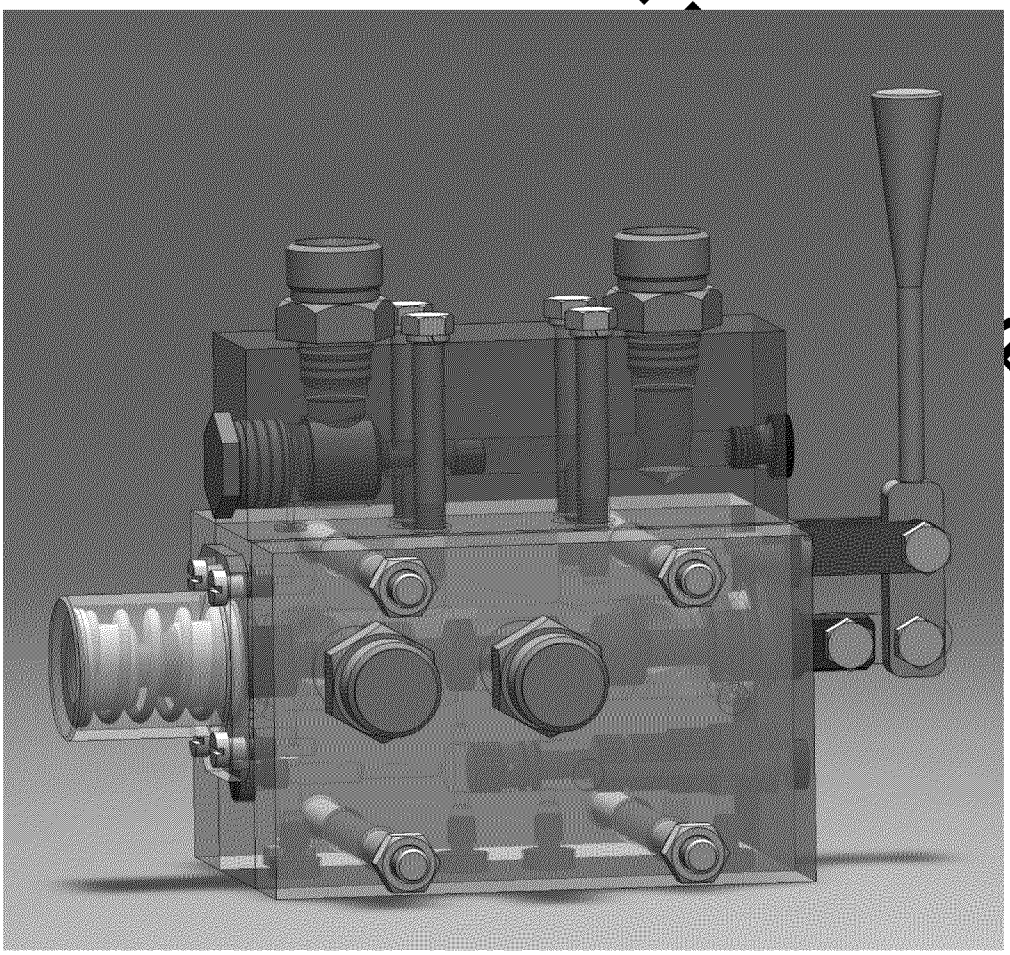


Рисунок 3.1 - Конструкція секційного гідророзподільника в програмі SolidWorks

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Для запропонованої конструкції секційного гідророзподільника виконано роботи креслення його деталей, зокрема, креслення деталі «Робоча секція гідророзподільника». На рис. 3.2 подано конструкцію секційного гідророзподільника. В основному розрізі секційного гідророзподільника входять такі елементи: нижня 1 і верхня 2 робочі секції гідророзподільника, гідророзподільний золотник 3, регулятор тиску 4, логічний клапан 5, пружини 6 та 7, захисний ковпак 8, втулки пружини 9 і 10, гвинт 11, рукоятка 12, опора важіля 13, заглушки 14, 15 та чотири пробок 16. Пружина 6, захистний ковпак 8, гвинт 11 та втулки 9 і 10 рутворюють механізм встановлення гідророзподільного золотника 3 в нейтральну позицію.

Секційний гідророзподільник забезпечує функціонування гідроприводу в 4 режимах: розвантаження гідронасоса, регулювання швидкості гідродвигуна, максимальної швидкості гідродвигуна та захисту гідроприводу від перевантаження.

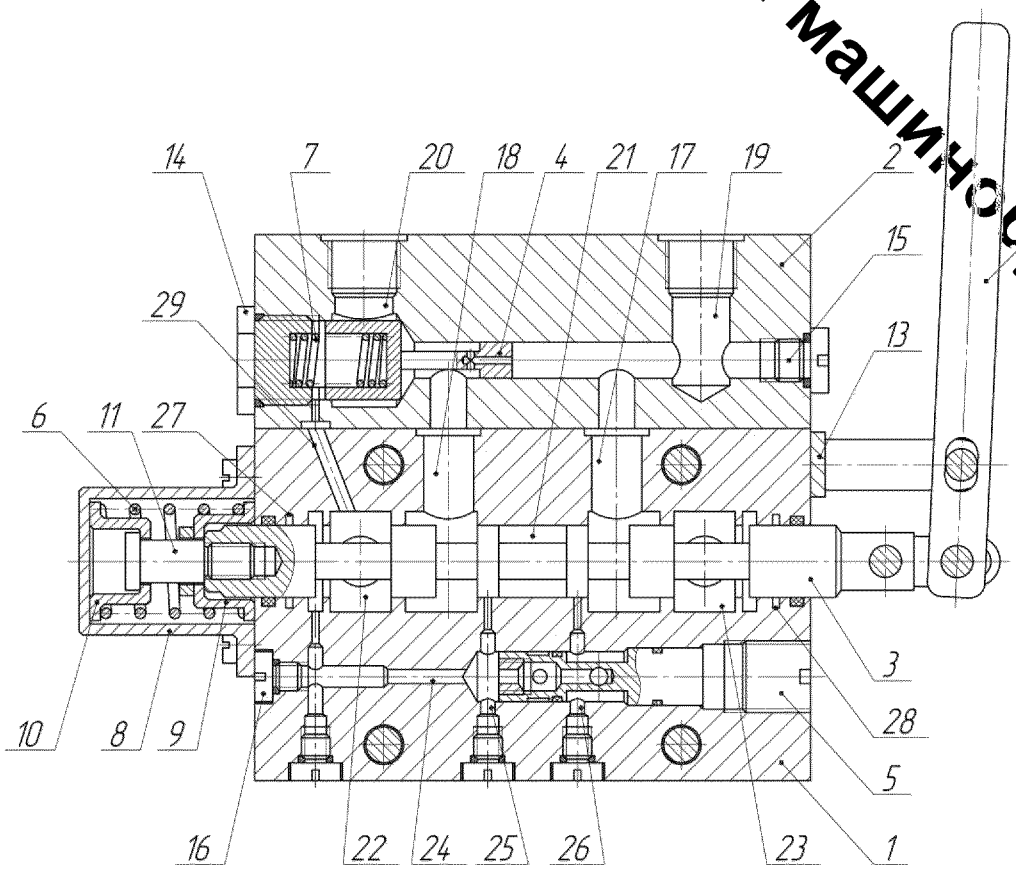


Рисунок 3.2 - Конструкція секційного гідророзподільника гідроприводу мобільної робочої машини

Кафедра Технологій та

Маючи конструкцію секційного гідророзподільника та знаючи параметри перехідних процесів під час роботи гідроприводу в різних режимах можна провести подальше удосконалення деталі «Робоча секція гідророзподільника». Удосконалення проводимо в програмі SolidWorks Flow Simuletion [20]. Вихідною моделлю для удосконалення деталь «Робочої секції гідророзподільника», яка виготовлена із сталевого бруска та має усі канали отримані в результаті механічної обробки (див. рис.3.3).

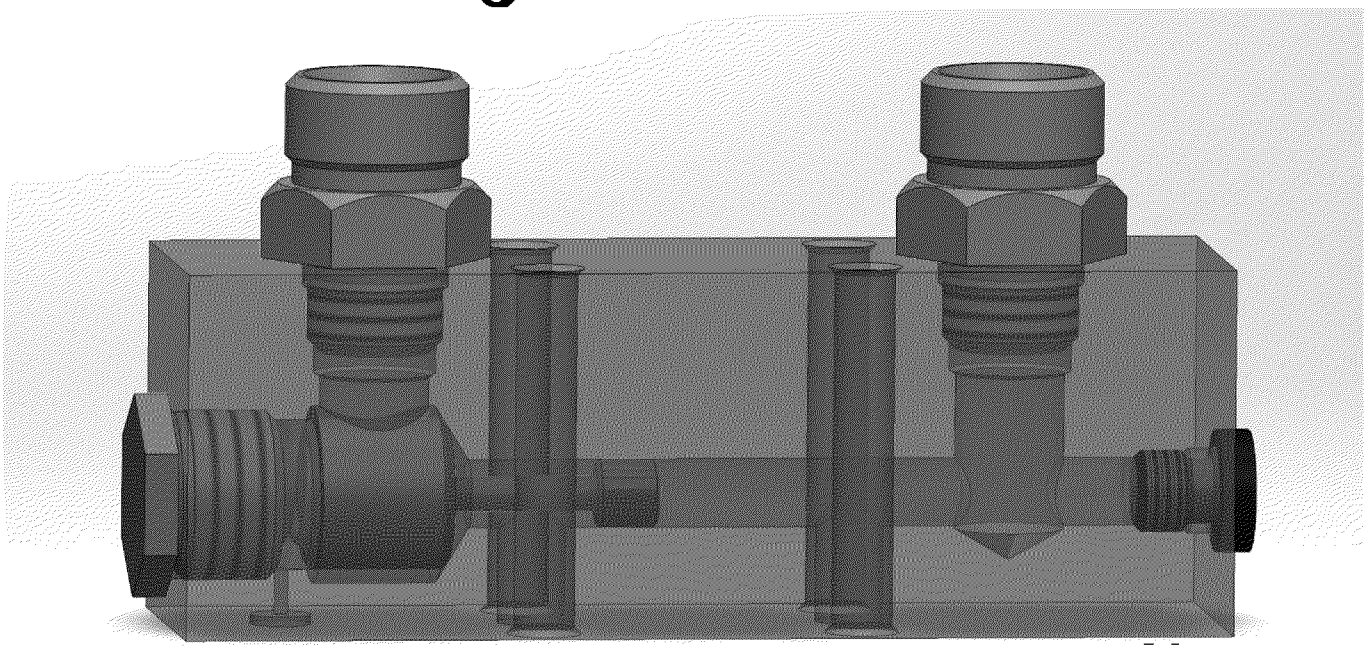
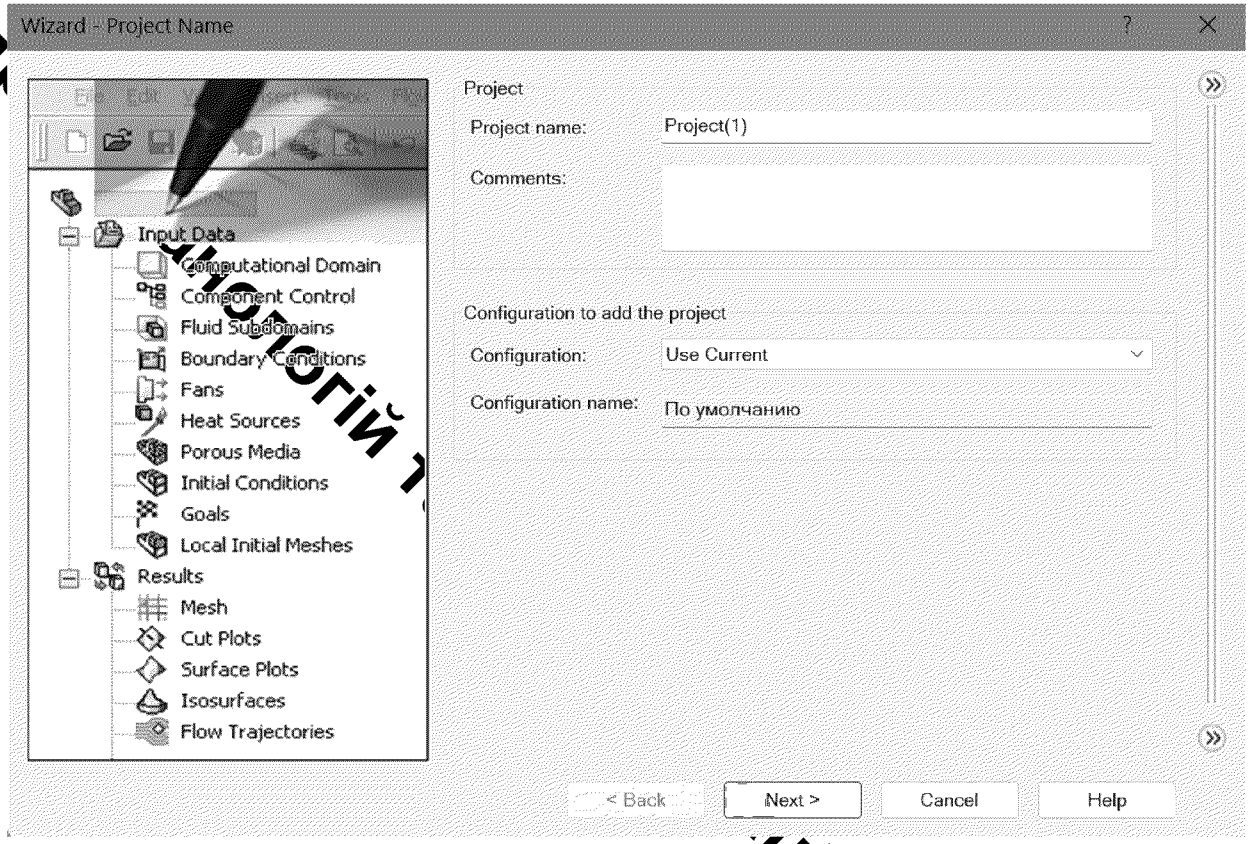


Рисунок 3.3 - Вузол робочої секції гідророзподільника викготовлений із сталевого бруска шляхом механічної обробки

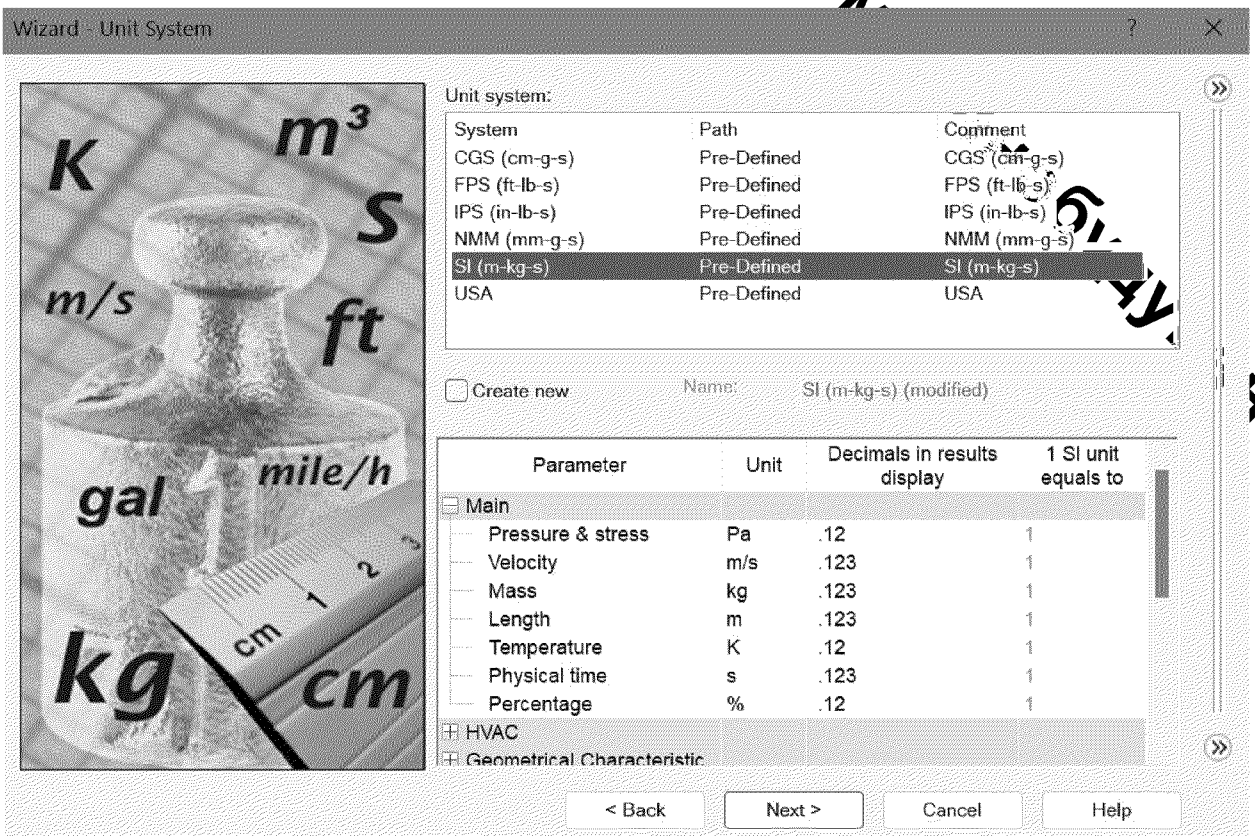
ання

Нашатування для імітаційних досліджень проводимо через діалогове вікно модуля SolidWorks Flow Simulation (див. рис. 3.4, а). Під час запуску одразу запропоновано призначити назву проєкту (Project name), попередньо називаємо «Project(1)», а інші параметри конфігурації не змінюємо. Натискаємо «Next».

Наступним етапом є ивбір системи числення (Unit system) для нашого проєкту імітаційного моделювання (див. рис. 3.4, б). Під час імітаційного моделювання будемо використовувати систему числення SI (m-kg-s). Обираємо її та натискаємо «Next».



а)



б)

Рисунок 3.4 - Діалогове вікно проєкту імітаційного моделювання а) та вибір системи числення б)

Кафедра Технологій

Наступний етап – це вибір типу задачі (Analysis Type), яка буде задана для розв'язку (див. рис. 3.5). Обираємо позначення імітаційного моделювання в середині нашої моделі (Internal). Відносно врахування замкнутих порожнин (Consider closed cavities) знімаємо галочку, щоб не врахувати кавітаційні процеси каналах, а також добавимо гравітацію (Gravity) по осі Y у відємномуз наченні: -9,81 м/с^2. Натискаємо «Next».

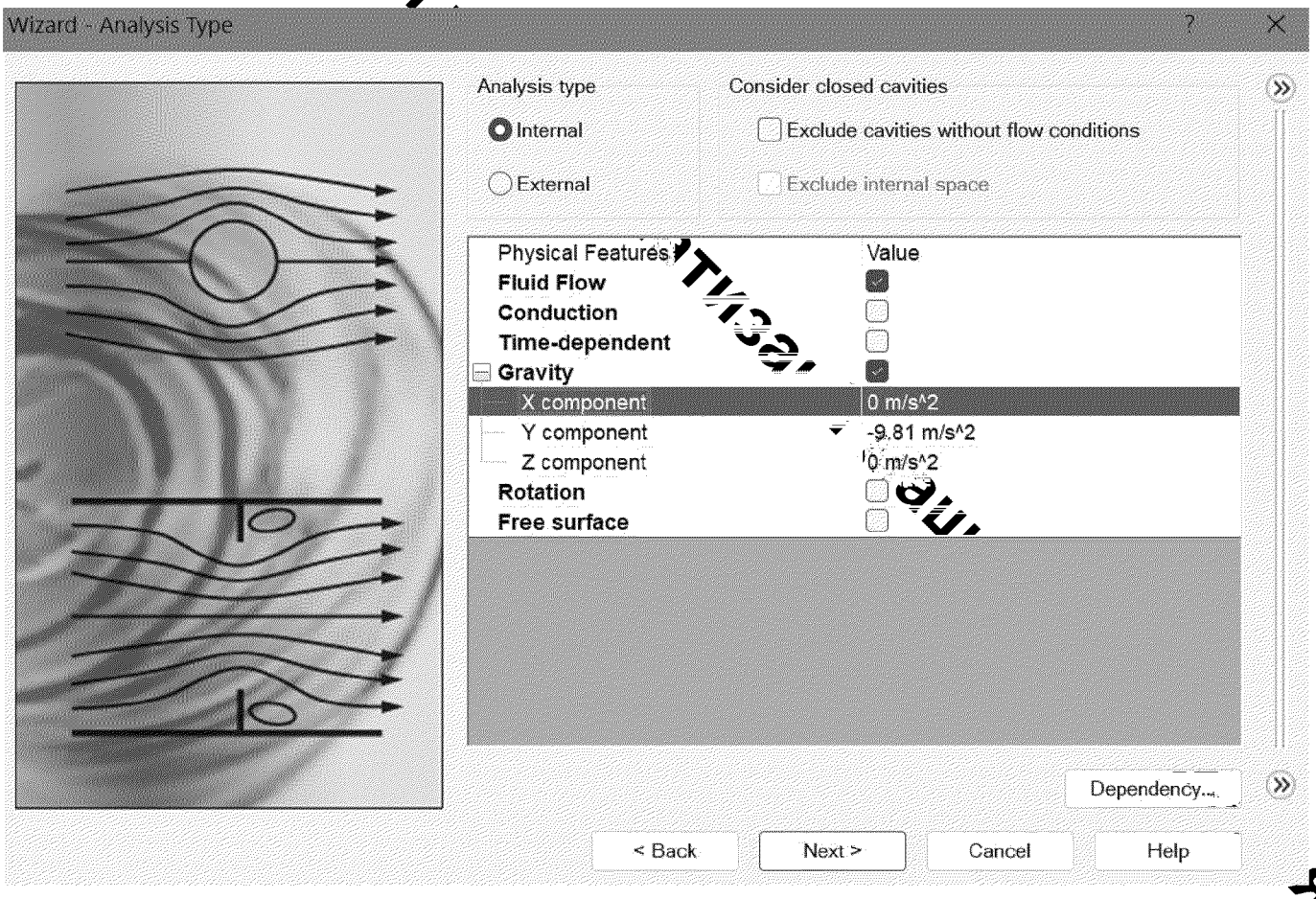


Рисунок 3.5 - Вибір типу задачі імітаційного моделювання

На наступному етаі потрібно обрати середовище (див. рис. 3.6), вид мінеральної оливи, які буде рухатися по наших каналах у вікні (Default Fluid). Шукаємо неньютонівські рідини (Non-Newronian Liquids) та обираємо мінеральну оливу (Olive oli). В даному розділі діалогового вікна є можливість добавити власні рідини з їх властивостями, однак будемо використовувати стандартний варіант. Натискаємо «Next».

Кафе

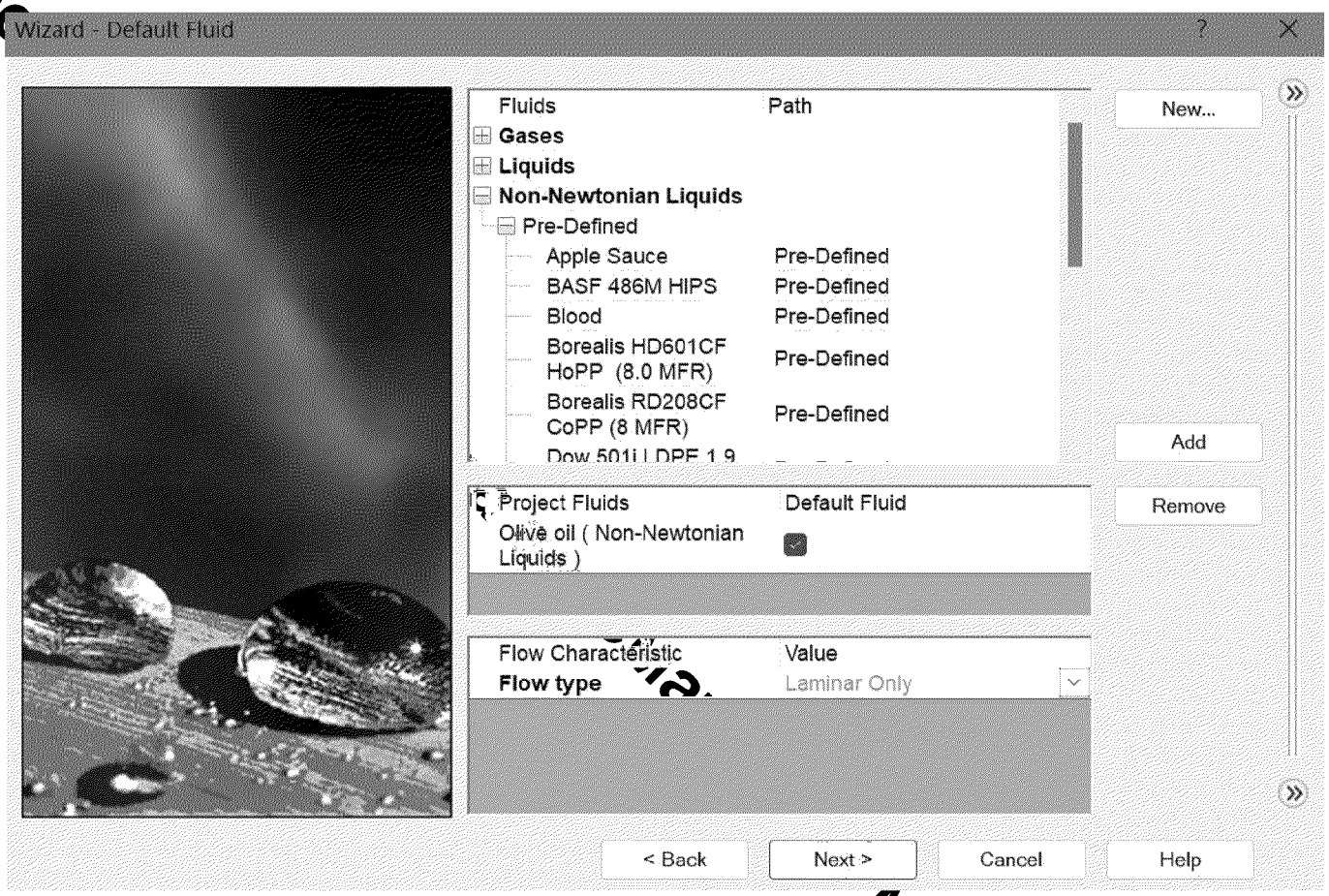


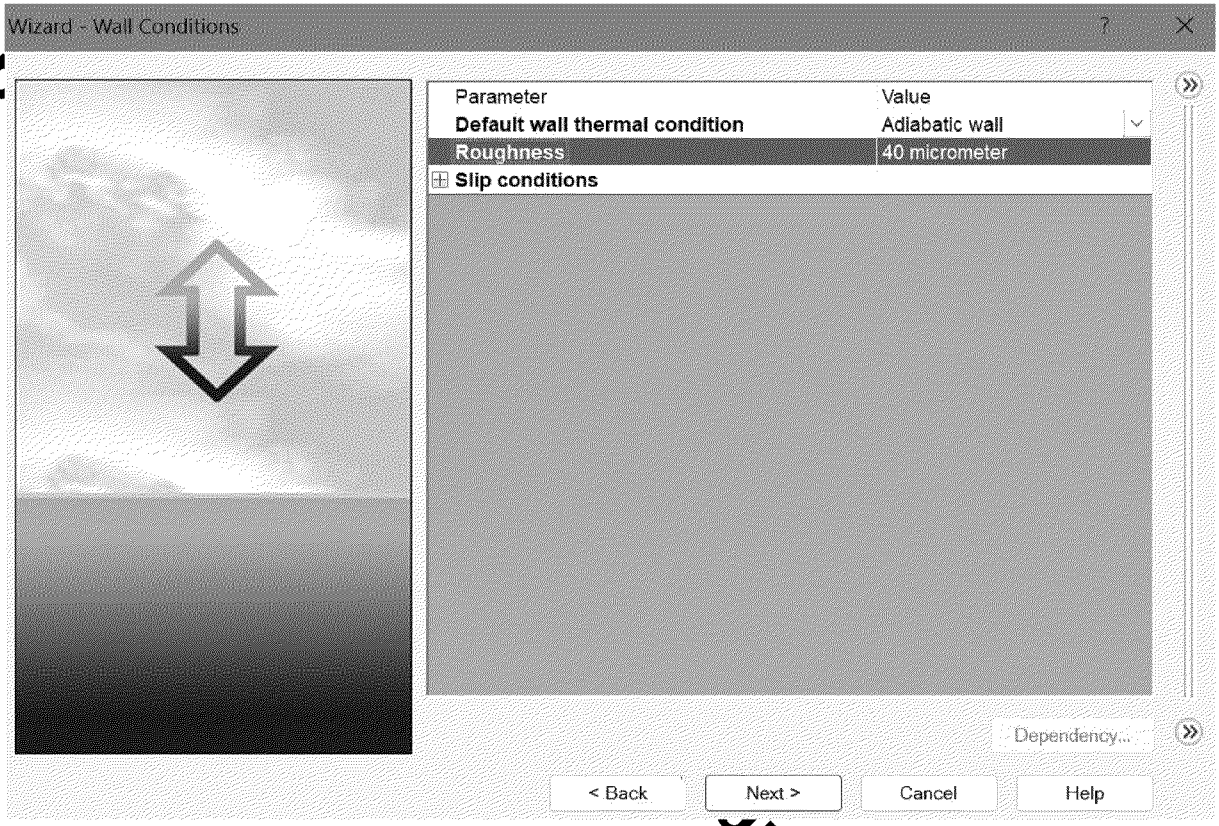
Рисунок 3.6 - Вибір середовище для імітаційного моделювання

В наступному діалоговому вікні (Wall Conditions) можна обрати параметри поверхонь та властивостей матеріалів. Прописуємо шорсткість (Roughness) внутрішньої поверхні каналів в межах 40 мк та натискаємо «Next».

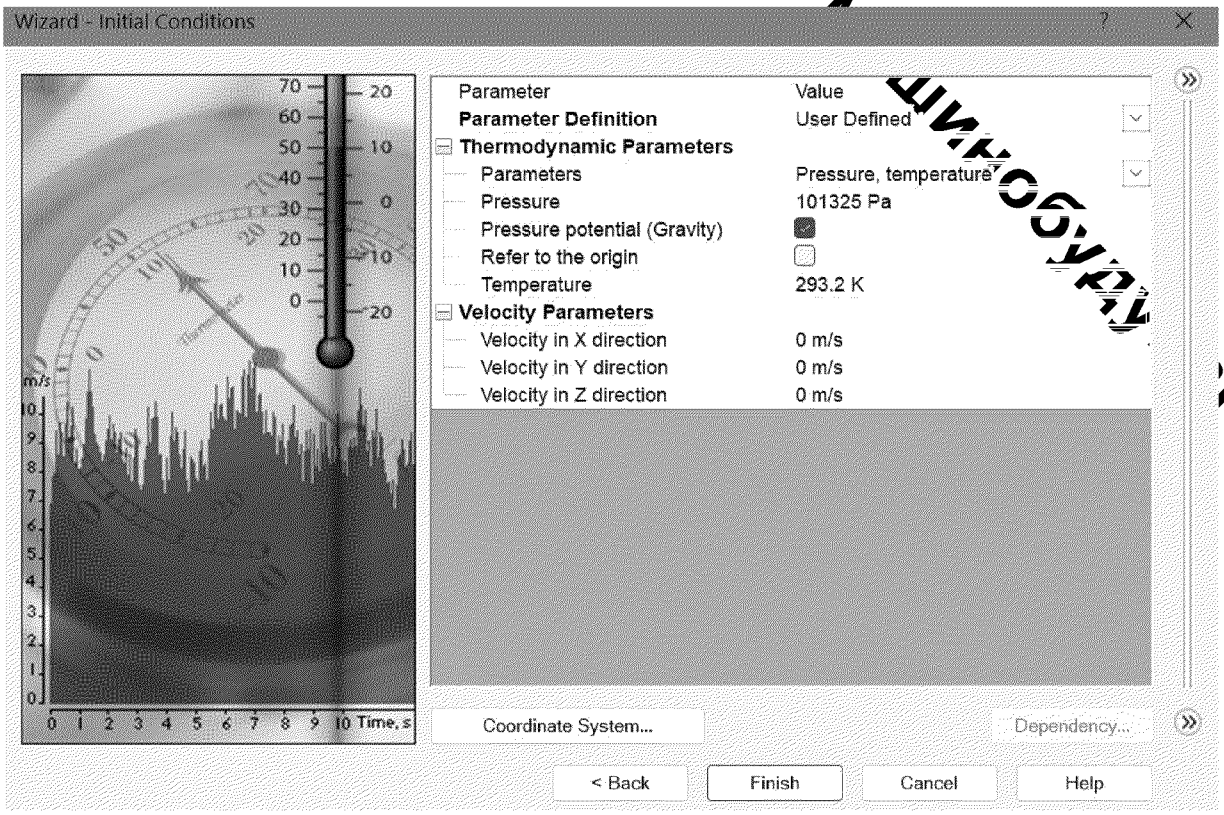
Наступне діалогове вікно (Initial Conditions) дозволяє вибрати параметри, які пов'язані із навколишнім середовищем: тиском (Pressure) навколишнього середовища 101325 Па, температурою (Temperature) навколишнього середовища 293,2 К, а також можливихи параметрів швидкості течії повітря (Velocity Parameters). Запропоновані показники залишаємо незмінними та завершумо роботу діалогового вікна (Finish).

Після завершення роботи діалогового вікна (Wizard) з'являється доступ до дерева побудови проєкту із імітації потоків робочої рідини. Наступний етапом буде розставлення заглушок для наших каналів. Для вибору інструменту побудови заглушок використовуємо такий шлях із панелі меню SolidWorks: Tools – Flow Simulation – Tools – Create Lids, та обираємо поверхні які маємо заглушити.

машинобудування



а)



б)

Рисунок 3.7 - Вибір параметрів середовища моделювання Wall Conditions а) та Initial Conditions б)

Кафедра Техноло

Після закриття заглушками об'ємусередовища для моделювання переходимо до вибору граничних умов (Boundary Conditions). Настискаємо правой кнопкой миші в дереві побудови на позначці Boundary Conditions та в контекстному меню обираємо Inlet Boundary Conditions та вводимо параметри (див. рис. 3.8).

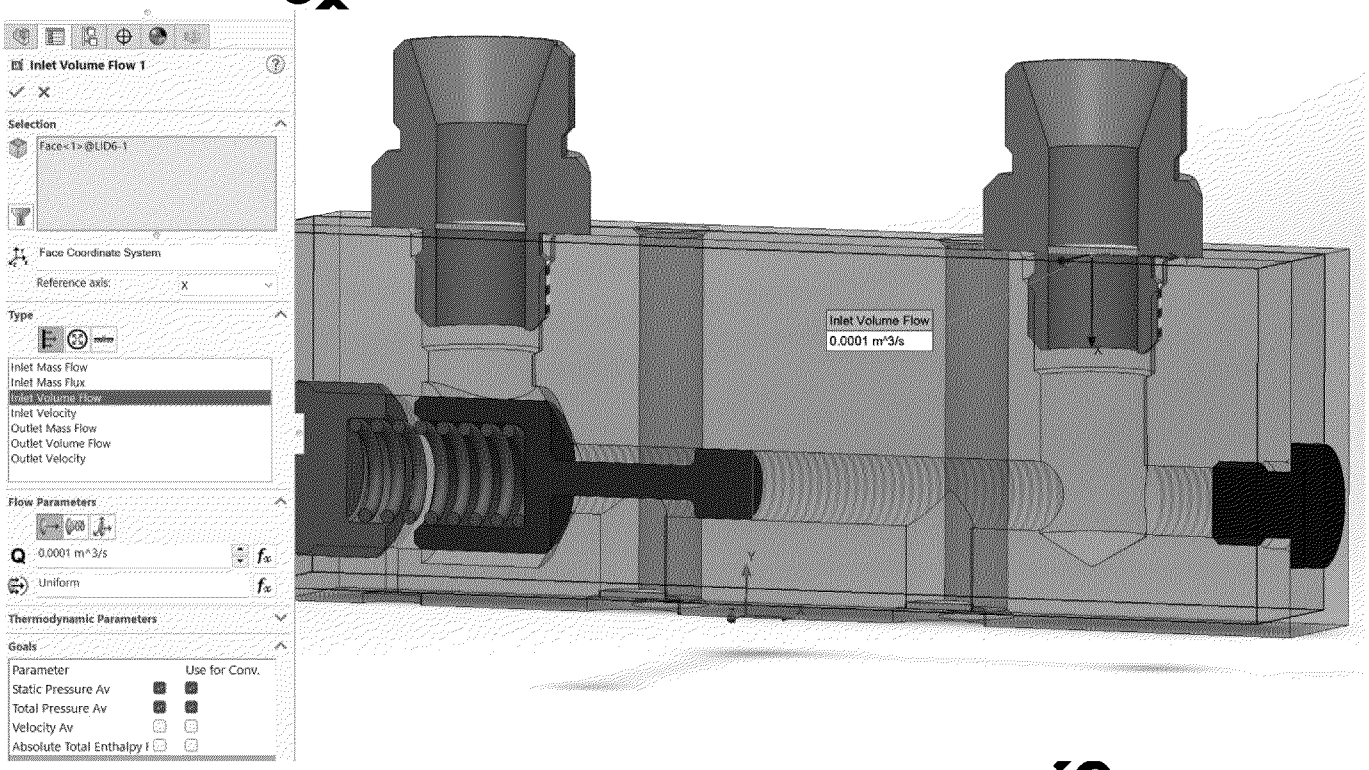


Рисунок 3.8 - Граничні умови по подачі через канали деталі «Робоча секція гідророзподільника»

ообудування

На рис. 3.8 продемонстровано, що введено подачу (Inlet Volume Flow) через канали деталі «Робоча секція гідророзподільника» в межах 0,0001 м^3/с, що відповідає мінімально можливій подачі. Обираємо повехню з відки буде вестисяподача – низ нашої заглушки, яка знаходитьсяв штуцері.

Наступним етапом вказуємо тиск (Environment Pressure) мінеральної оливи, яка знаходиться на вході в штуцер (див. рис. 3.9). Параметр тиску приймає мінімальний – рівний атмосферному.

Після цих налаштувань запускаємо розрахунок параметрів імітаційного моделювання через кнопку «Run» (див. рис. 3.10).

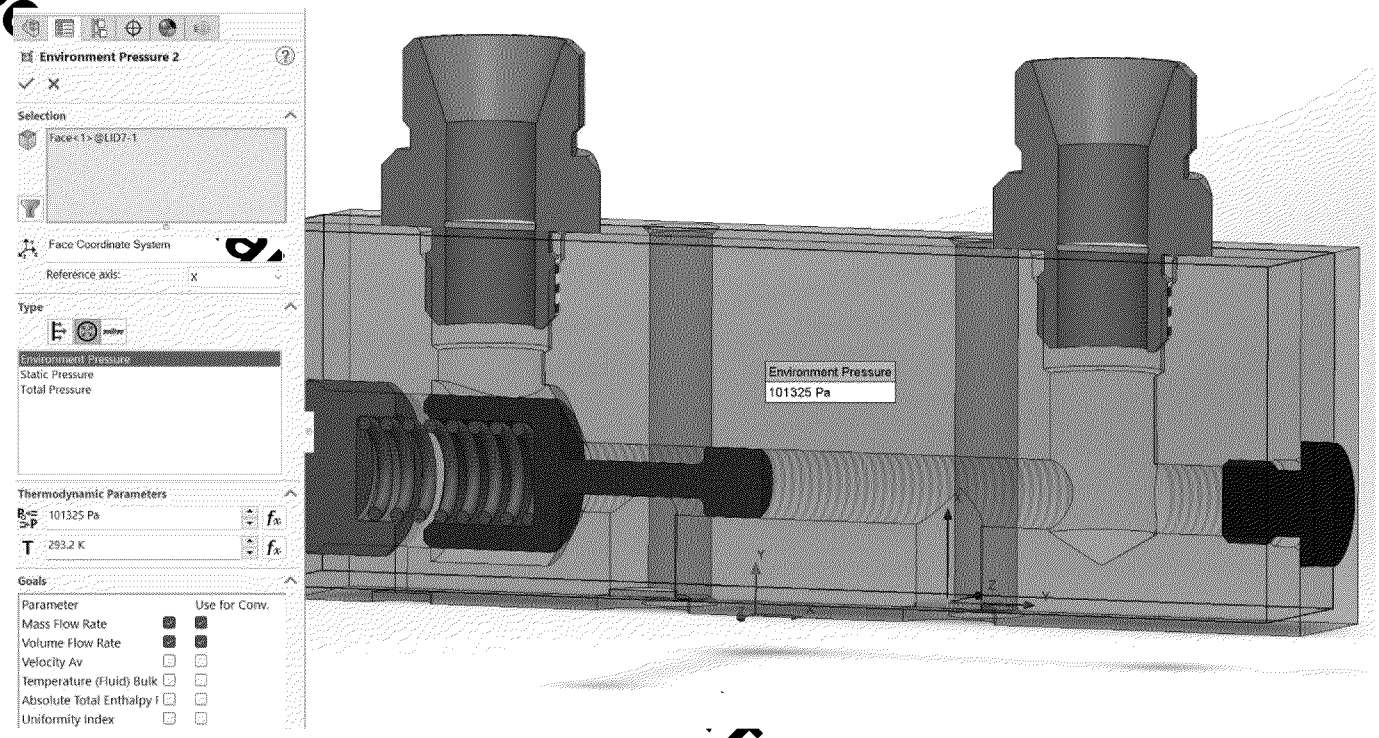


Рисунок 3.9 - Гранична умова по визначенню тиску на вході в штуцер

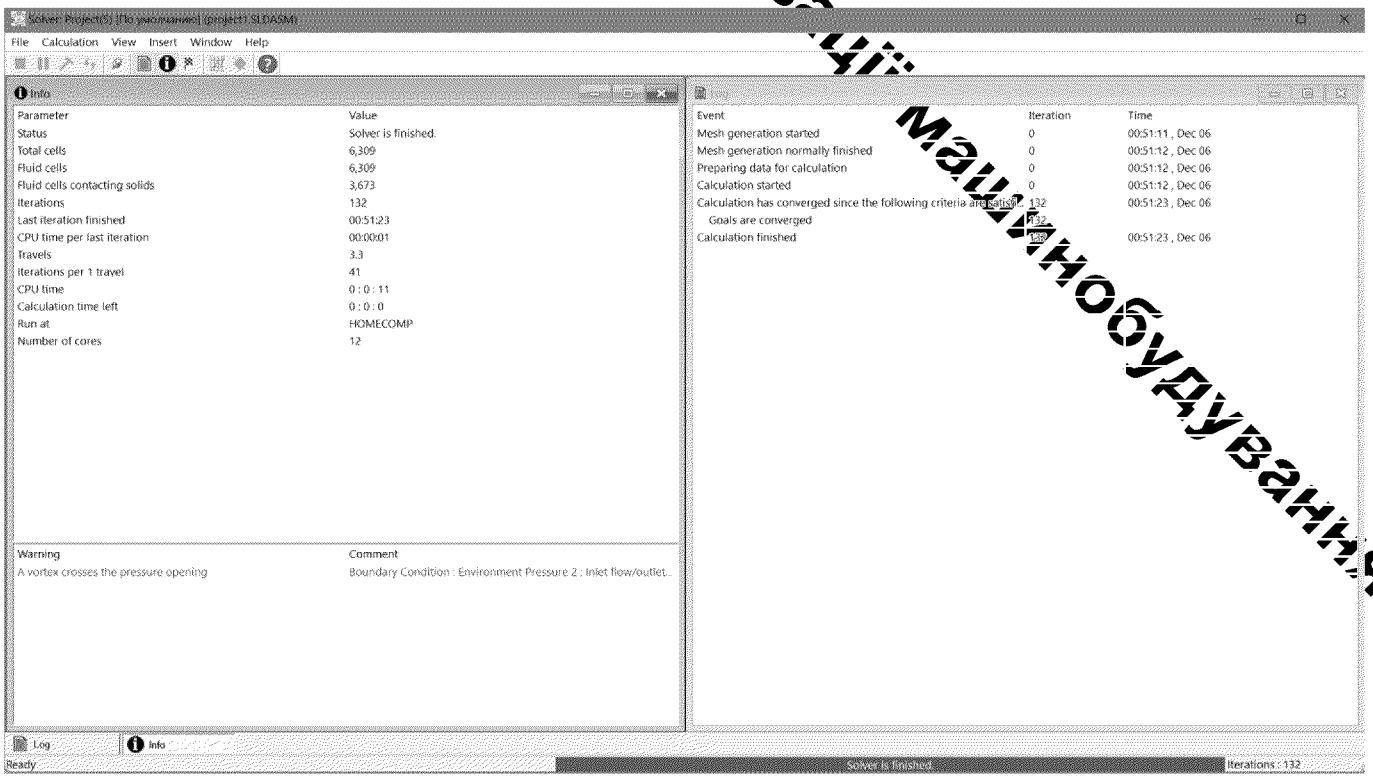
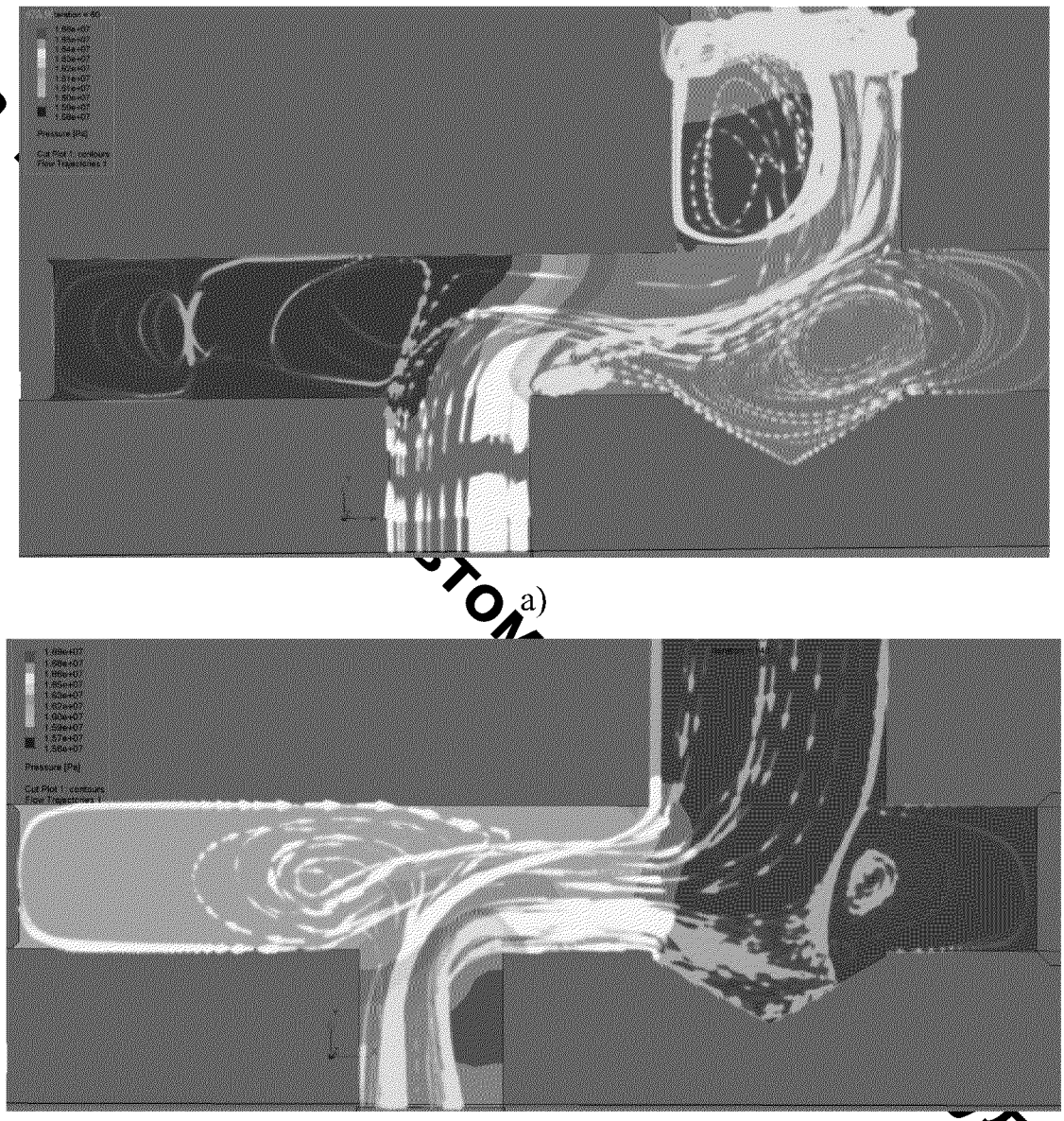


Рисунок 3.10 - Розрахунок параметрів імітаційного моделювання

Після розрахунку з’являється доступ до обробки результатів розрахунку. Для робробки результатів розрахунку будемо використовувати Flow Trajectories для оцінки траекторії руху течії мінеральної оливи (див. рис. 3.11).

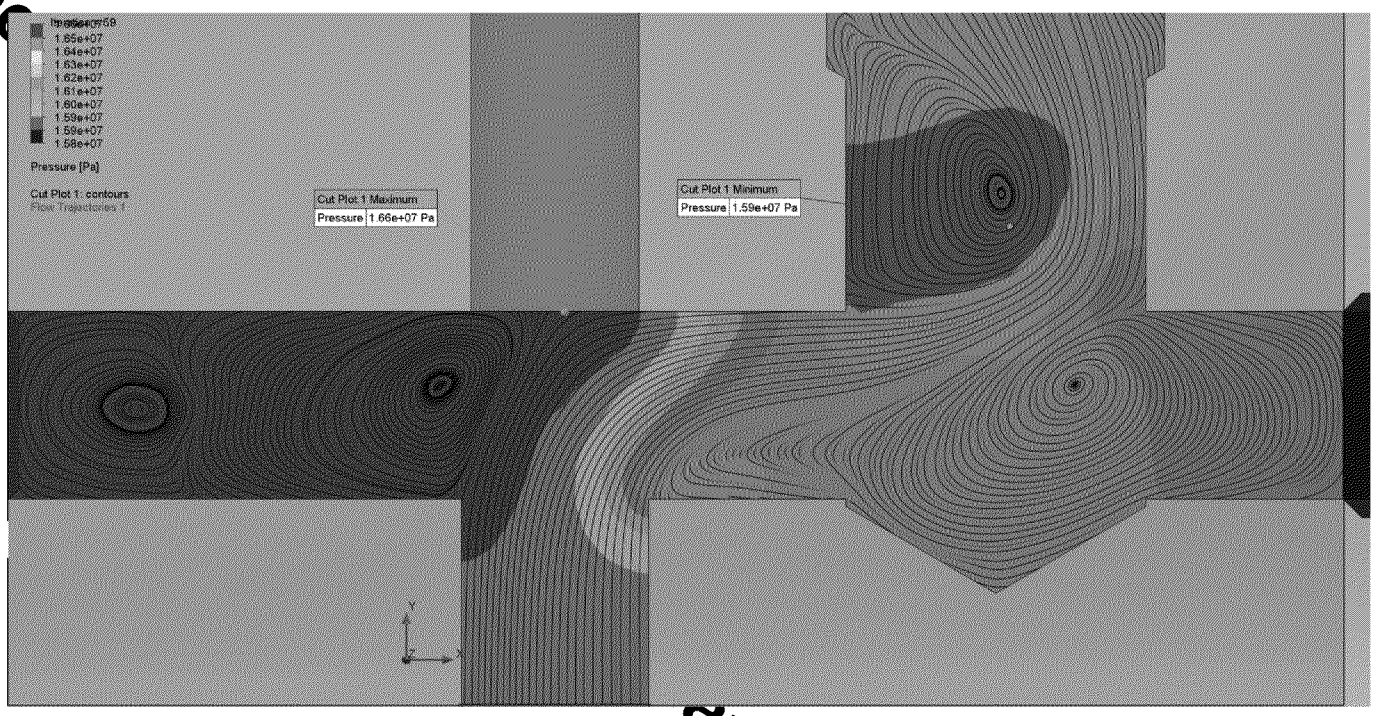


а)

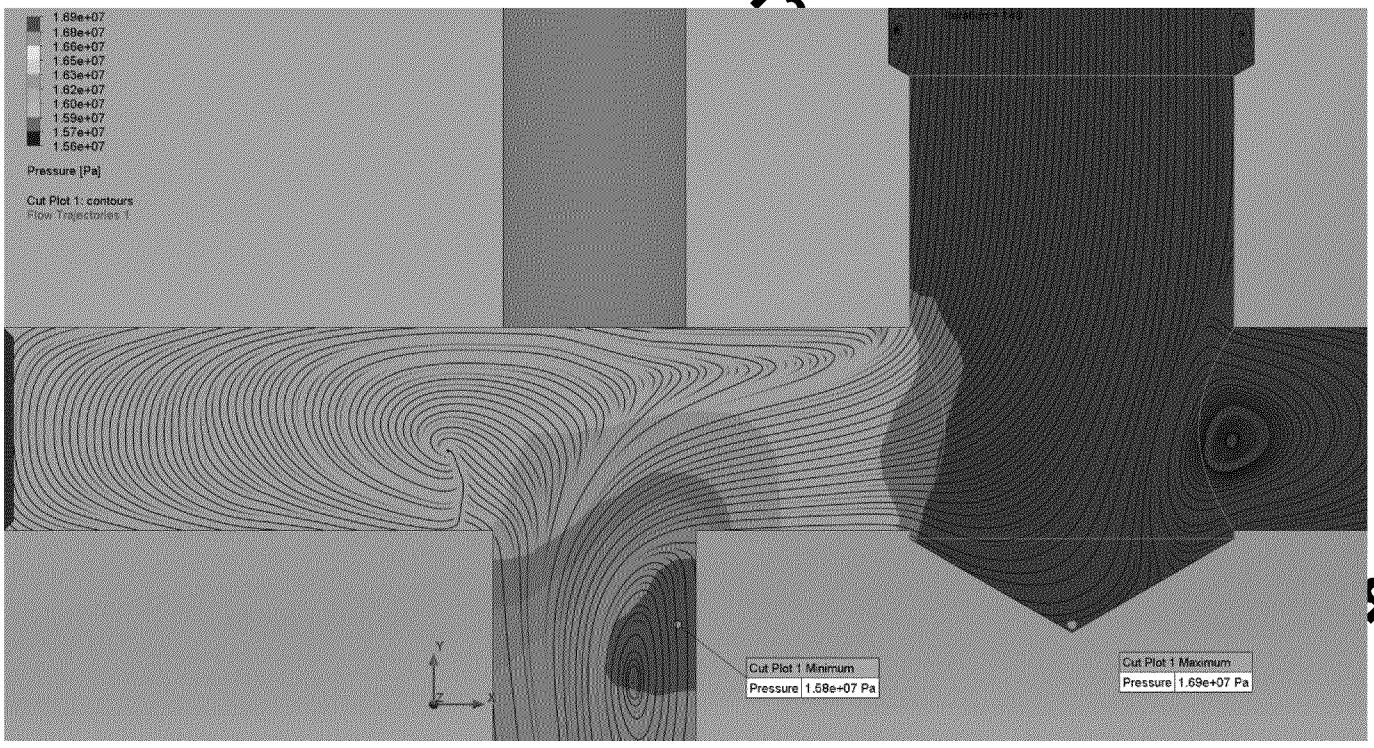
б)

Рисунок 3.11 - Траєкторія при прямому а) та зворотному б) руху течії мінеральної оливи в розрізі каналу деталі «Робоча секція гідророзподільника»

По отриманих результатах зрозуміло про наявність турбулентних потоків в каналах деталі «Робоча секція гідроприводу». За допомогу інструменту Cut Plots з відображенням Streamlines було виконано розріз каналу гідроприводу, та визначено, які тиски в розрізі та знайдено найбільше і найменше значення (див. рис. 3.12). Отримані результати свідчать про значні втрати тиску (до 5% при прямому та до 7,7% при зворотньому русі мінеральної оливи) в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника».



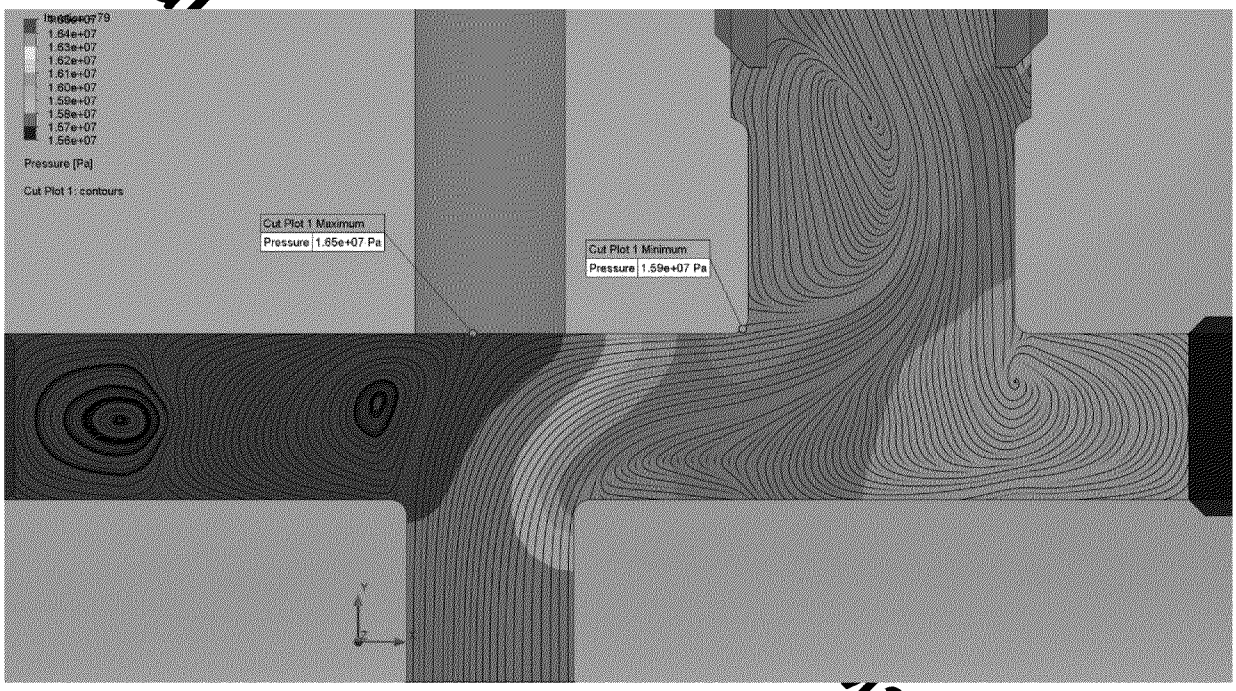
а)



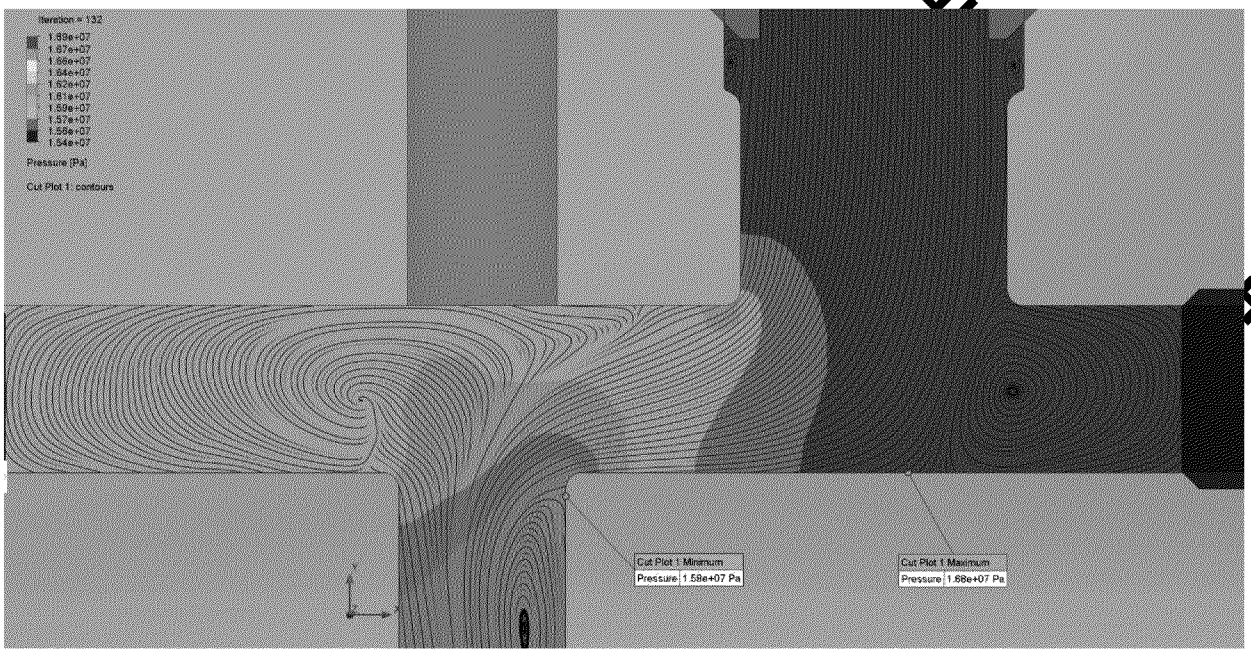
б)

Рисунок 3.12 - Розріз каналу із візуалізацію зон розподілення тиску для початкової деталі «Робоча секція гідророзподільника» при прямому а) та зворотньому б) русі мінеральної оливи

Зміни в конструкції деталі «Робоча секція гідророзподільника», такі як, скруглення в результаті лиття, дозволяю покращити ситуацію. Трохи краща картина спотерігається, під час використанняливарних радіусів в 1 мм (див. рис. 3.13).



а)

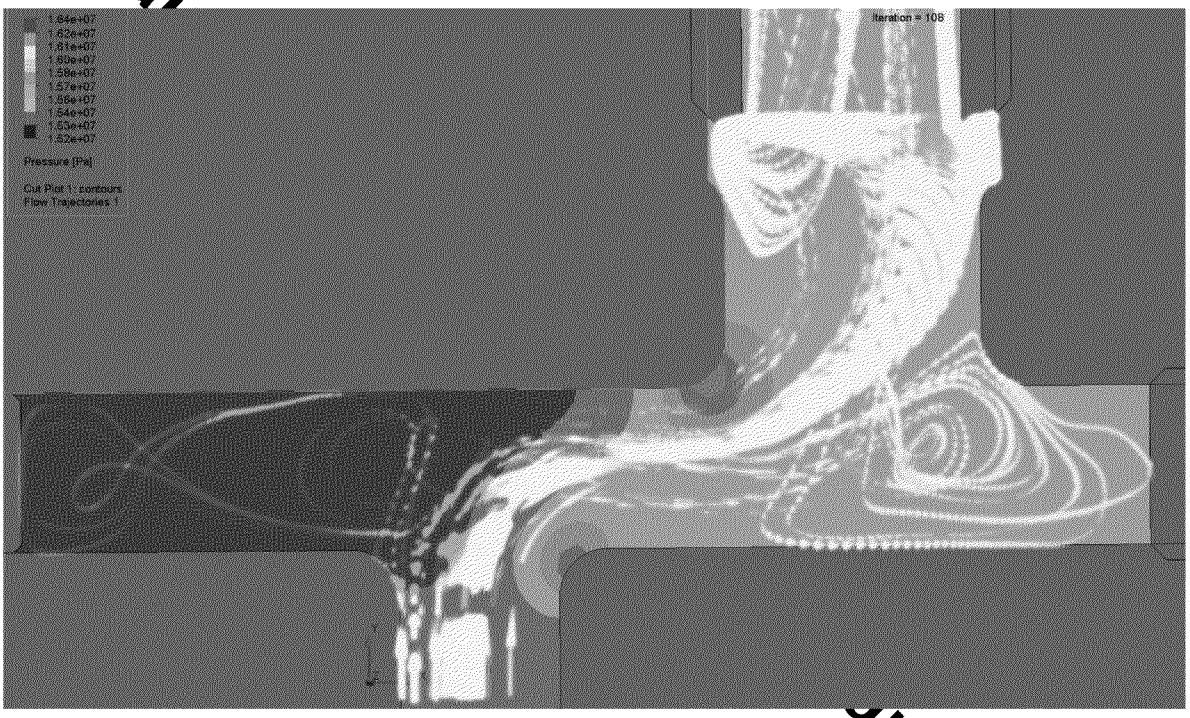


б)

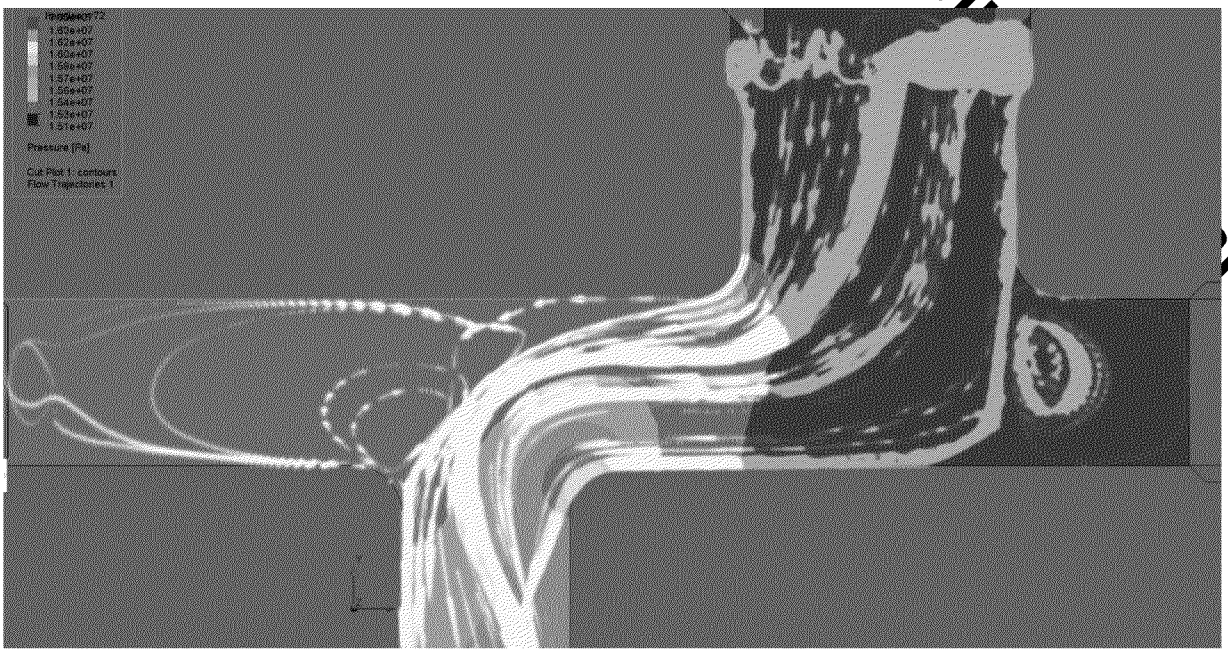
Рисунок 3.13 - Розріз каналу при прямому а) та зворотньому б) русі мінеральної оливи для деталі «Робоча секція гідророзподільника» із ливарними радіусами 1 мм

Кафедра Техн

Візуалізацію течії робочої рідини для деталі «Робоча секція гідророзподільника» виготовлення литтям із скругленнями 3 мм показано на рис. 3.14.



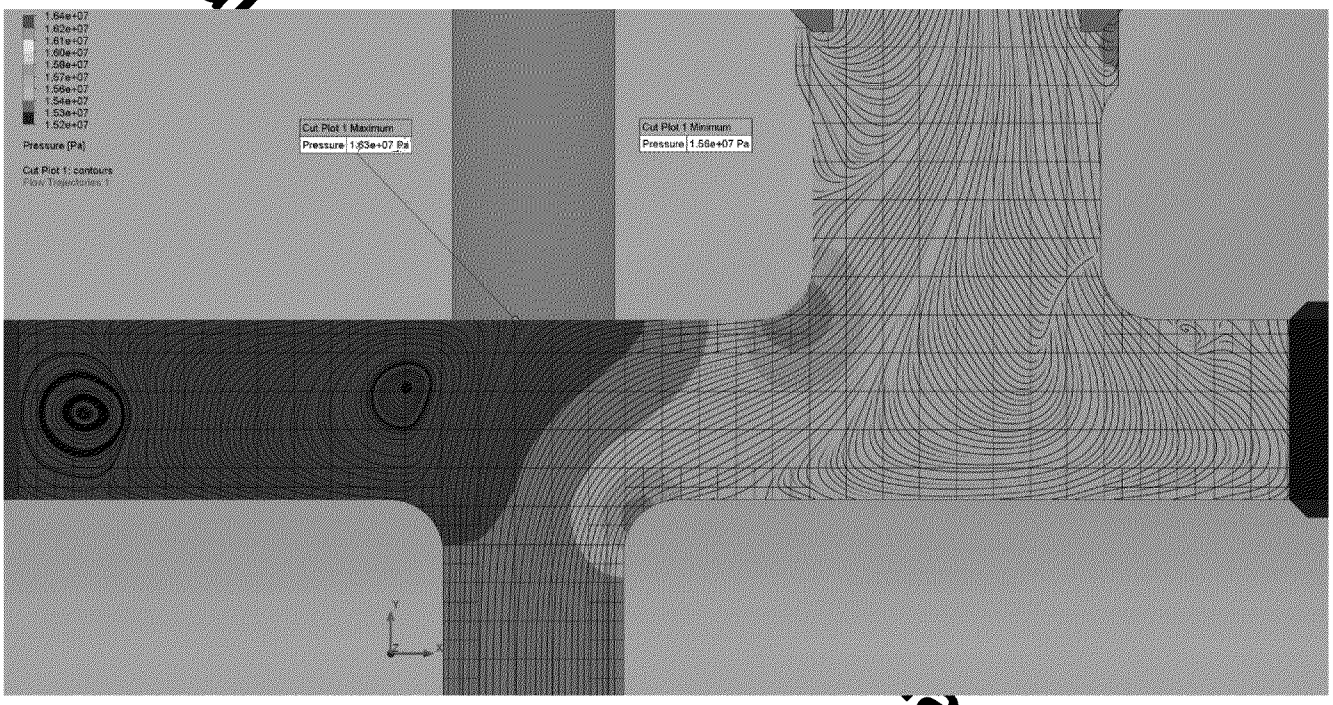
а)



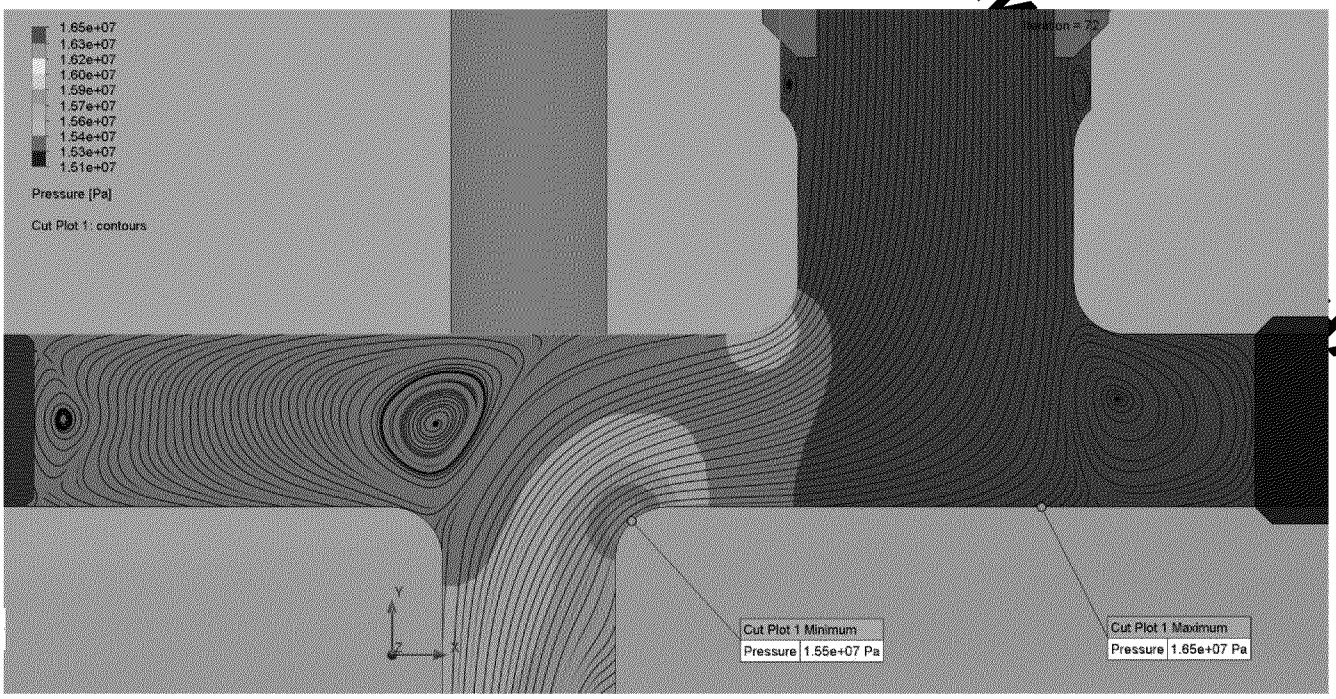
б)

Рисунок 3.14 - Траекторія при прямому а) та зворотному б) руху течії мінеральної оливи в деталі «Робоча секція гідророзподільника» при ливарних радіусах 3 мм

Подальше збільшення ливарних радіусів в деталі «Робоча секція гідророзподільника» призводить як до позитивної динаміки із зменшення втрат тиску (див. рис. 3.15-3.17).

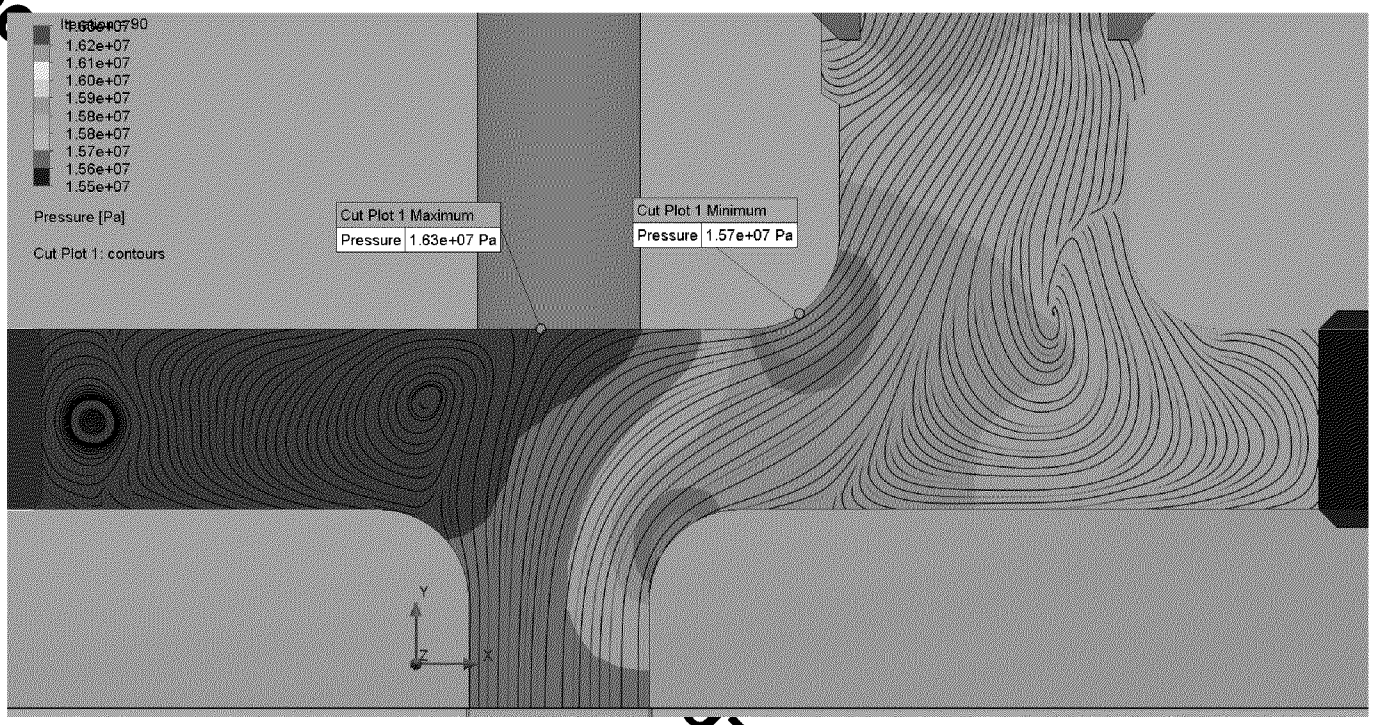


а)

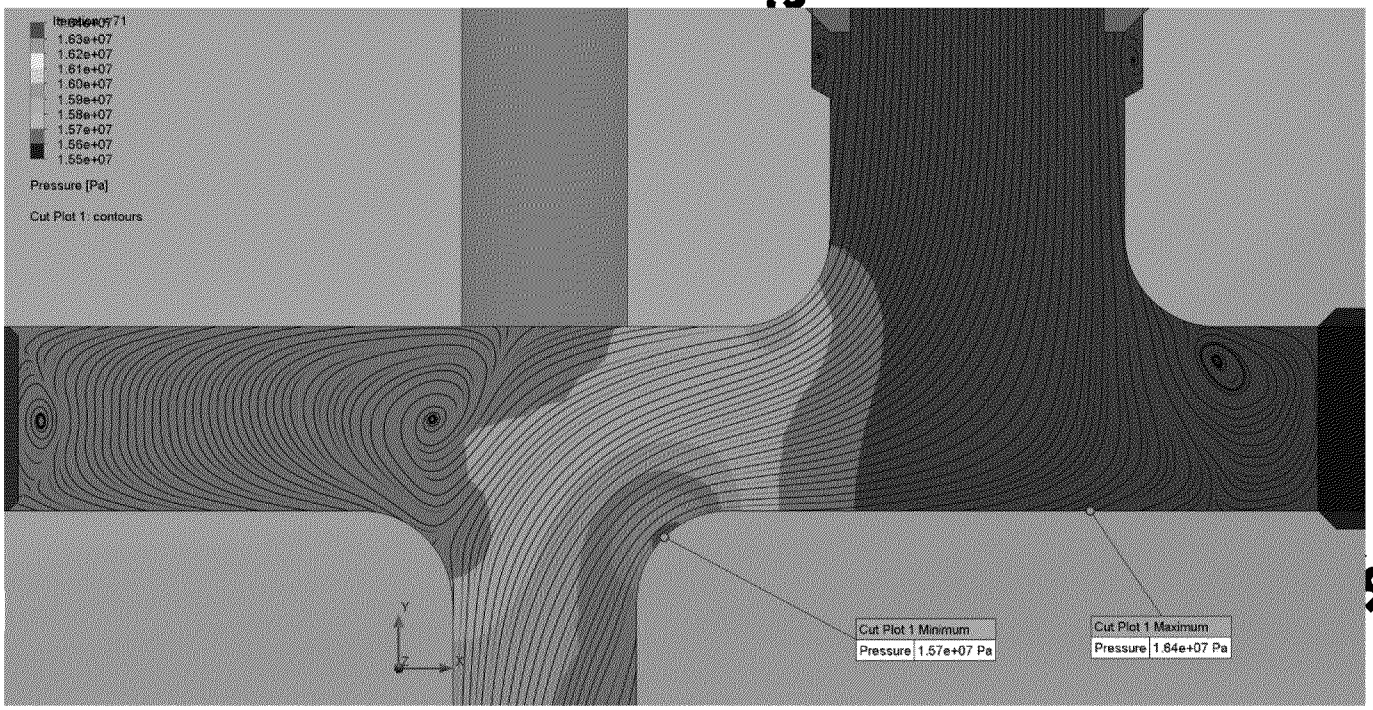


б)

Рисунок 3.15 - Розріз каналу при прямому а) та зворотньому б) русі мінеральної оливи для деталі «Робоча секція гідророзподільника» із ливарними радіусами 3 мм



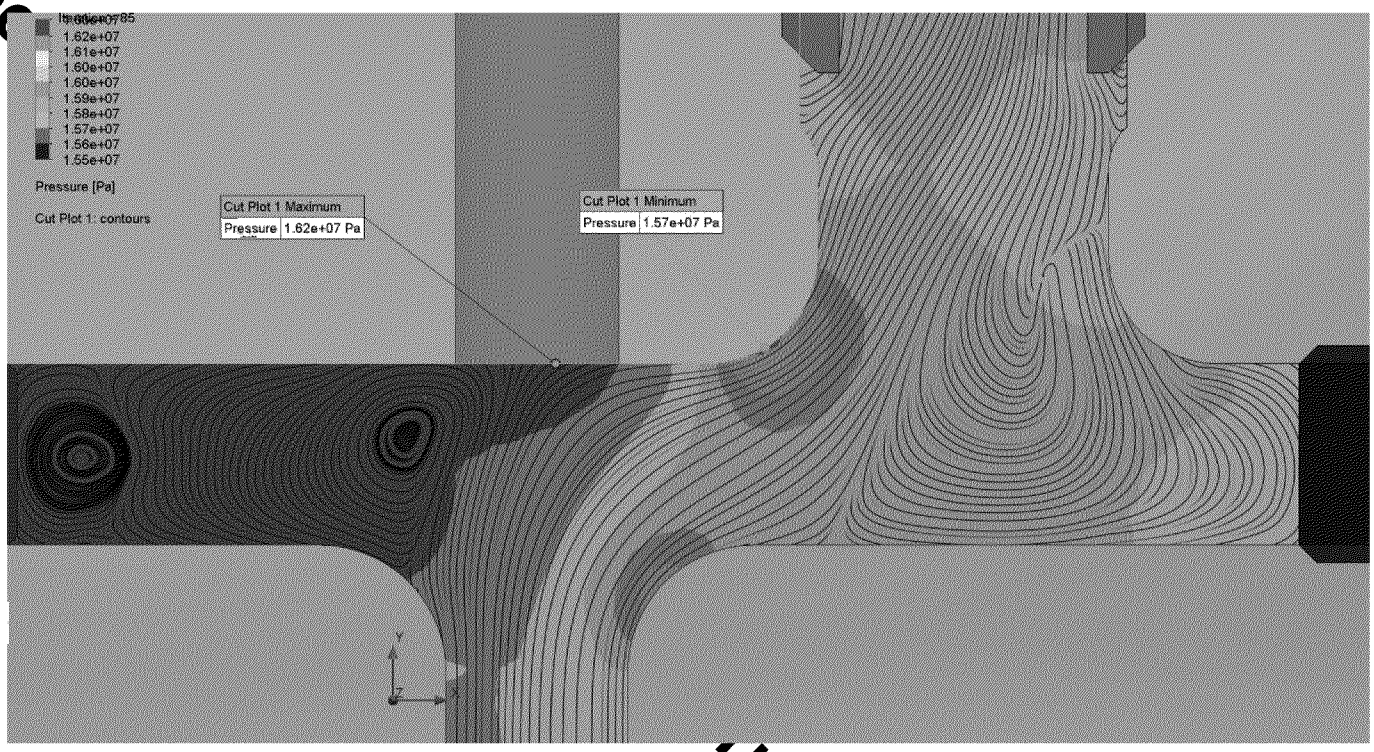
а)



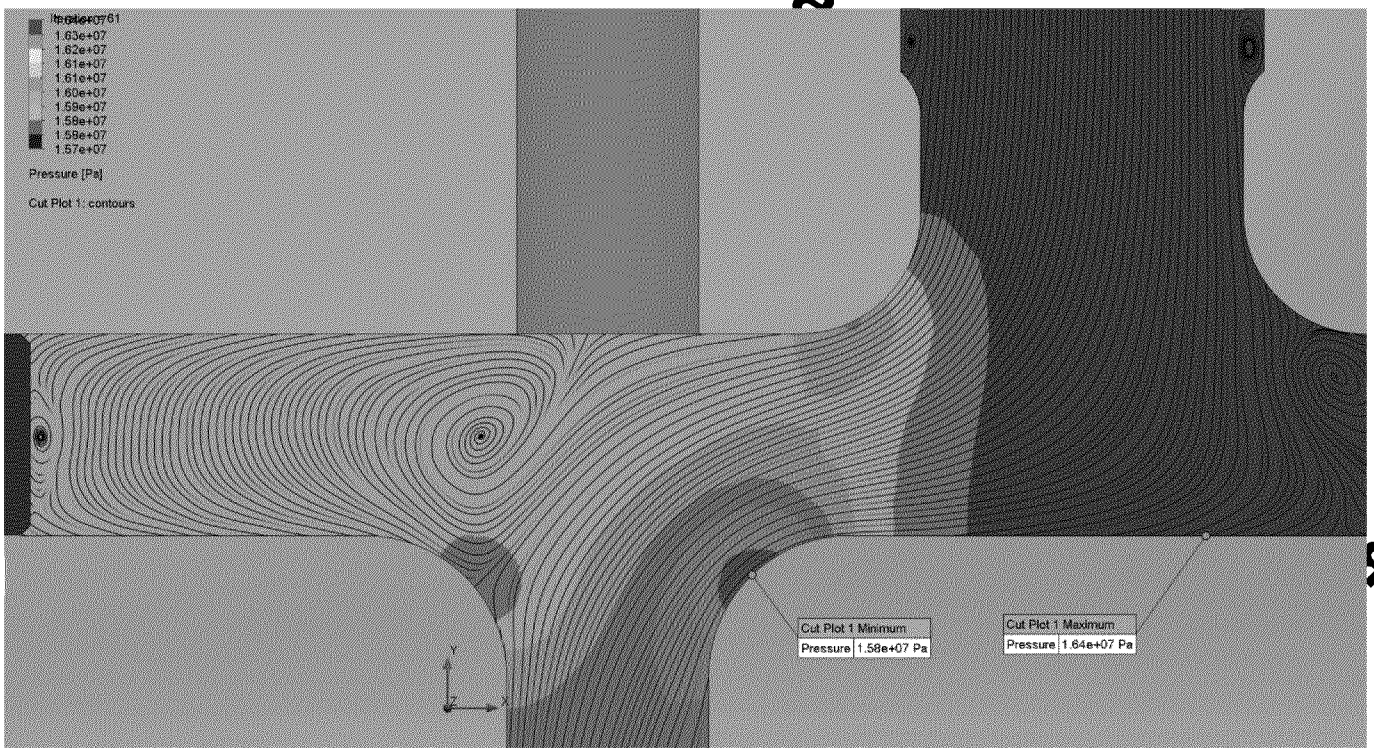
б)

Рисунок 3.16 - Розріз каналу при прямому а) та зворотньому б) русі мінеральної оливи для деталі «Робоча секція гідророзподільника» із ливарними радіусами 5 мм

Отримані результати зведено до графіку (див. рис. 3.18), за яким можна зрозуміти динаміку впливу ливарних радіусів на втрати тиску мінеральної оливи в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника».



а)



б)

Рисунок 3.17 - Розріз каналу при прямому а) та зворотньому б) русі мінеральної оливи для деталі «Робоча секція гідророзподільника» із ливарними радіусами 7 мм

Динаміка зменшення втрат тиску призупиняє покращуватися після отримання ливарних радіусів в 3 мм. Це можна врахувати під час проєктування.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

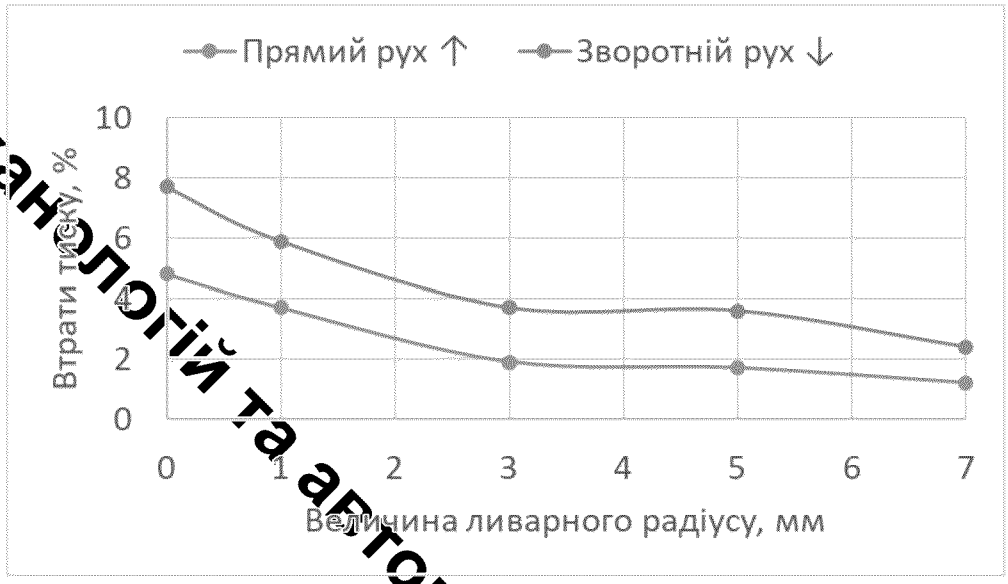


Рисунок 3.18 - Залежність втрат тиску в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника» від величини округлень ливарних радіусів

В результаті аналізу отриманих даних (див. рис. 3.18) приймаємо рішення використовувати ливарні радіуси від 3 мм для формування переходів в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника».

Отриманий графік залежності, що показує різницю у місцевих втратах тиску мінеральної оливи під час переходу від більшого діаметру каналу в менший і навпаки. Кращі показники по зменшенню втрат зафіксовані під час прямого руху робочої рідини, від меншого (10 мм) діаметра каналу до більшого (16 мм).

3.2 Конструкція удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

Удосконалена деталь «Робоча секція гідророзподільника» (рисунок 3.19) тепер вже виготовляється зі сірого чавуну СЧ18 і потрібна для розміщення в ній золотників в ступінчастому отвірі за позицією 1, а також відповідає за напрямок руху потоку мінеральної оливи. Вона входить в таку складальну одиницю як секційний гідророзподільник (див. рис. 3.1).

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

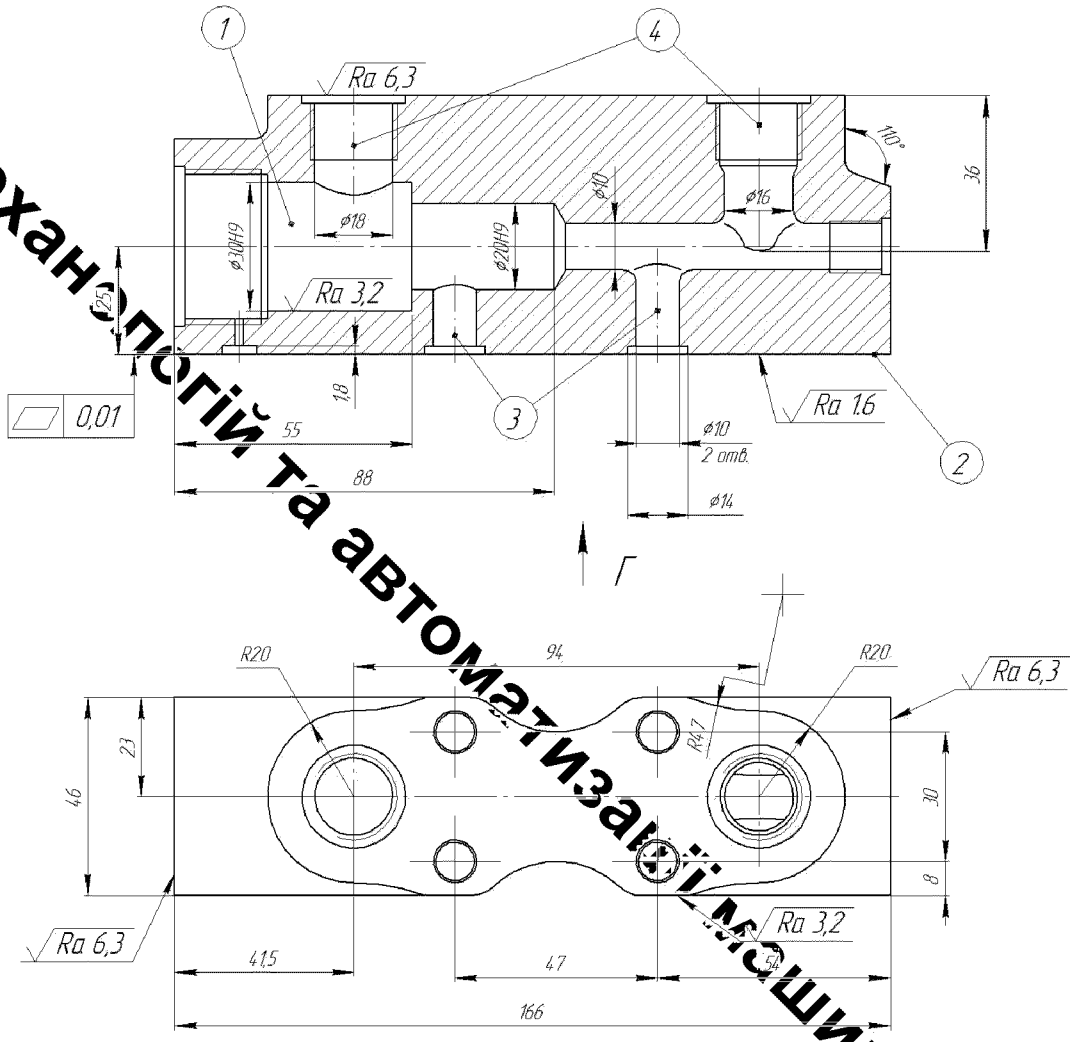


Рисунок 3.19 - Конструкція удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

Удосконалена деталь «Робоча секція гідророзподільника» розташована в верхній частині складальної одиниці секційний гідророзподільник і прилягає до нього площиною 2, а через чотири отвори ∅9 мм проходять болти, що з'єднання їх разом. Таким чином, удосконалена деталь «Робоча секція гідророзподільника» встановлюється на секційний гідророзподільник. До отворів 3 підводяться нагнітальний та зливний канали в залежності від напрямку потоку мінеральної оливи. В отвір 1 встановлюють золотника гальмівного клапана і таким чином розділяють канали удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника» на дві різні камери. В отвори 4 встановлюють штуцерів для гнучких ліній. На повехні 2 отвір ∅2 мм з місцем під ущільнення призначений для дренажа мінеральної оливи, що буде витікати через зазори золотника гальмівного клапана. В каналах

Кафедра Технології та автоматизування

удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника» передбачено ливарні радіуси від 3 мм.

Маса деталі «Робоча секція гідророзподільника» складала 2,85 кг до удосконалення, а маса заготовки до удосокналення – 4,35 кг. Тобто коефіцієнт використання матеріалу складав 0,65.

Після удосконалення деталі «Робоча секція гідророзподільника» її маса становить 2,27 кг, що вдалося зменшити на 20% реальну масу деталі. А маса заготовки тепер становить 2,8 кг, що довзволило підняти коефіцієнт використання матеріалу до 0,81. Тривимірна модель удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника» показана на рис. 3.20.

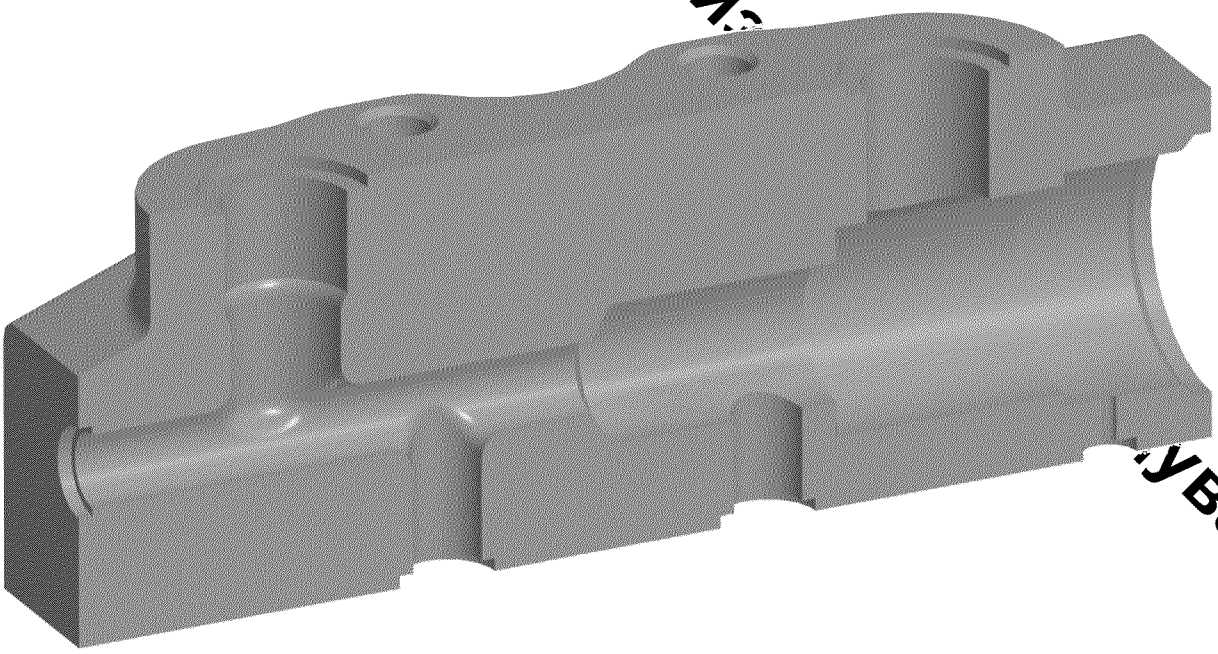


Рисунок 3.20 - Тривимірна модель удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «РОБОЧА СЕКЦІЯ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА»

4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах заданого типу виробництва

Дані із довідників [21, 22], розглянемо таблицю 4.1 маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Корпус». Через те, що деталь «Робоча секція гідророзподільника» схожа на корпусну деталь, то в якості прикладу обераємо обробку корпусу. Робоче креслення деталі типу «Корпус» зображене на рисунку 4.1.

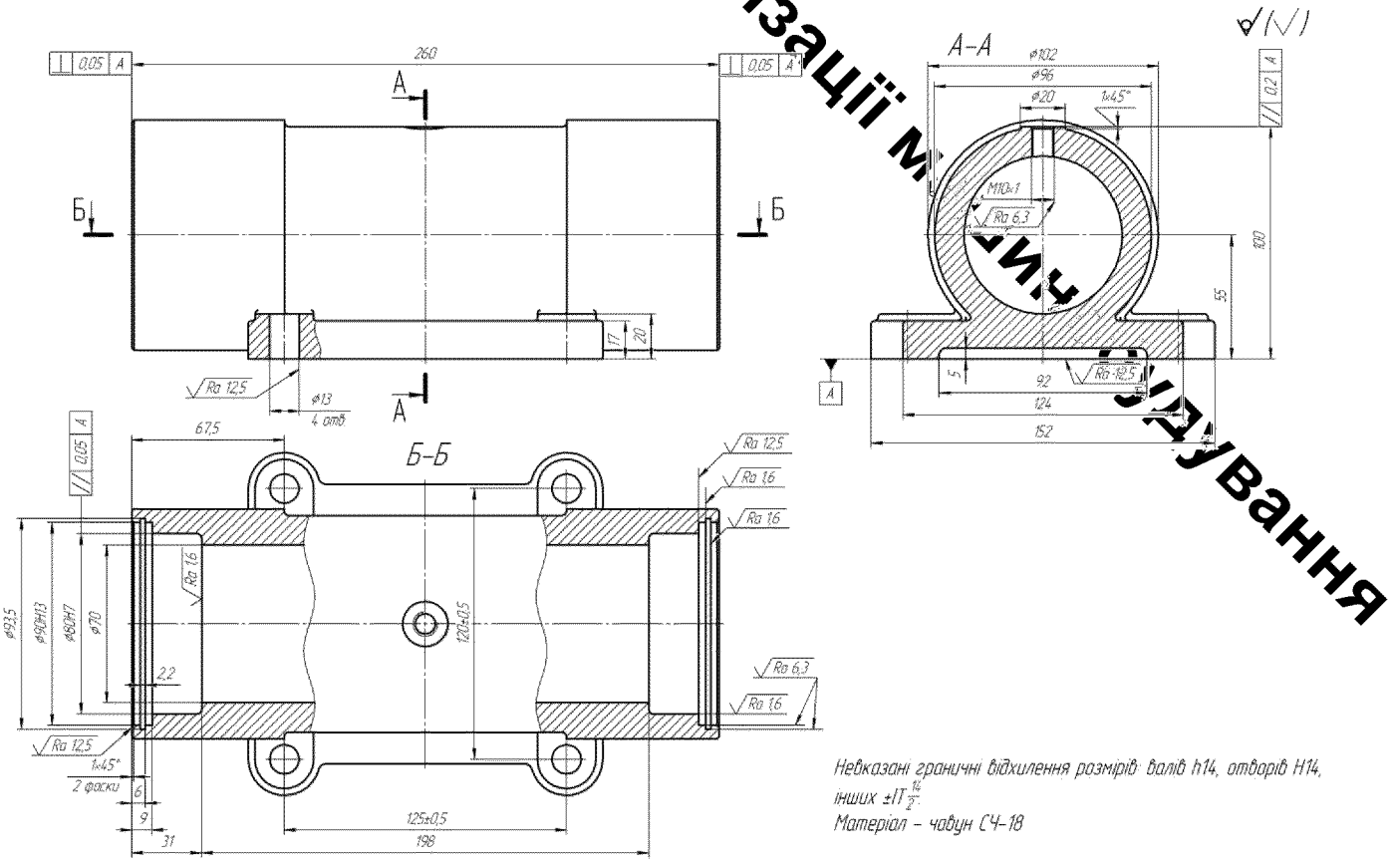


Рисунок 4.1 - Робоче креслення подібної деталі типу «Корпус»

Розробка техпроцесу мехобробки заготовки деталі типу «Корпус» виконано за принципами “Єдиної системи підготовки виробництва” ЕСТПП ГОСТ 14.201-73.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Техпроцес мехобробки деталі типу «Корпус» розроблений за типовими або груповими технологічними процесами механічної обробки подібних деталей з врахуванням типу виробництва.

При складанні планів та методологій для мехобробки різних поверхонь, розроблимо маршрут мехобробки та скористуємося типовим технологічним процесом таких самих деталей. Процес типізації технологічного процесу мехобробки дозволяє досягти одноманітності в технологічних виготовлення деталей такого класу, а також скорочує різні варіантів мехобробки до мінімуму, але залежить від виробництва. Крім цього скорочується терміни проєктування та підготовки нової технологічної документації і підвищує якість технологічного процесу.

Таблиця 4.1 – Маршрут мехобробки деталі типу «Корпус»

Опе-рація	Зміст або найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		
015	Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити чотири отвори ∅13 остаточно. Фрезерувати площину бобики ∅20 остаточно, свердлити і нарізати різьбу М10×1-7Н в одному отворі остаточно. Фрезерувати торець ∅102, витримуючи розмір 230 остаточно. Розточити виточки ∅80Н7; ∅90Н13 і фаску 1×45° остаточно. Фрезерувати канавку b=2,2±0,5 остаточно. Повернути стіл на 180°. Розточити виточки ∅80Н7; ∅90Н13 і фаску 1×45° остаточно. Фрезерувати канавку 2,2±0,5 остаточно	Багатоцільовий з ЧПК і інструментальним магазином ИР500МФ4	Наладка УСПО (ОПВО)
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		
030	Нанесення антикорозійного покриття		

В результаті маємо, що маршрут мехобробки заготовки деталі типу «Корпус» та удосконаленої нами будуть майже однакові за принципом побудови, проте будуть

мати місце різними за характером необхідних позначень та кількістю переходів. Розробка маршруту мехобробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника» грунтується на основі вище наведеного типового маршруту мехобробки деталі типу «Корпус».

4.2 Розробка маршруту механічної обробки заготовки удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

Деталь «Робоча секція гідророзподільника» призначена для направлення потоків робочої рідини, а її поверхні виконують функцій із направлення, герметизації витоків, кріплення частин і керування тиском. В результаті маємо вимоги до цих поверхонь: за точністю, за твердістю, по шорсткості тощо. Забезпечити поставлені вимоги можна за рахунок використання різних технологічних підходів до мехобробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника».

Під час розробки маршруту мехобробки робочих поверхні заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника», приймаємо рішення покращувати кожен наступний перехід із збільшенням точності ніж попередній.

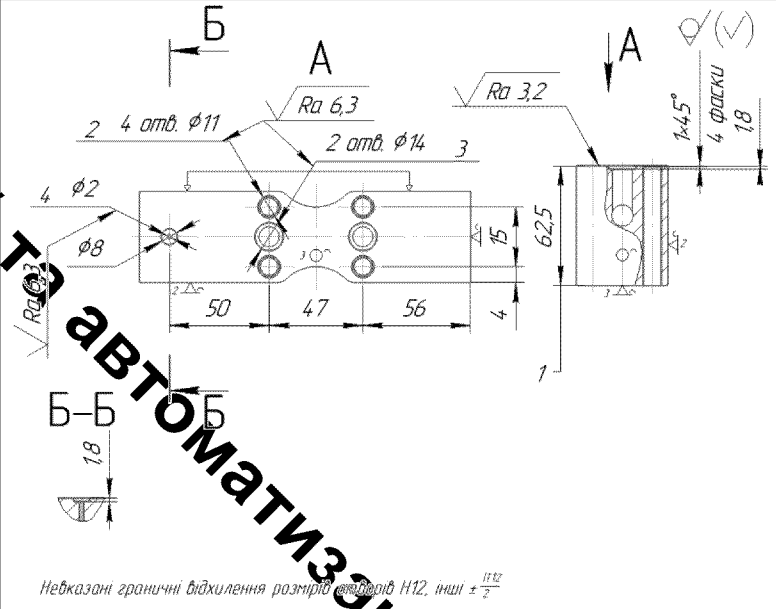
Таблиця 4.2 – Маршрут мехобробки заготовки удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

№	Операції, переходи	Ескізи, базування	Моделі верстатів
1	2	3	4
005	Лиття		
010	Обрубка та очищення виливка		

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

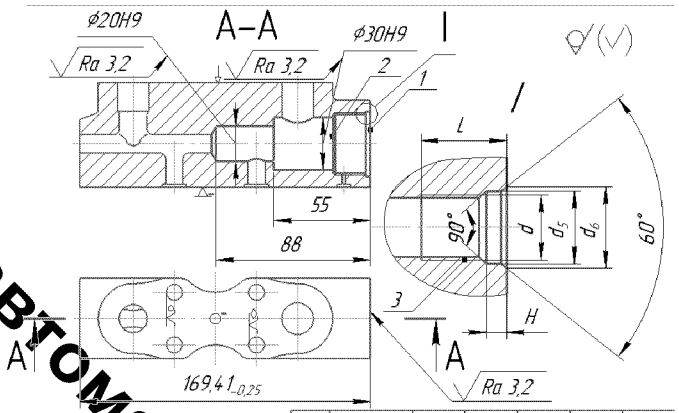
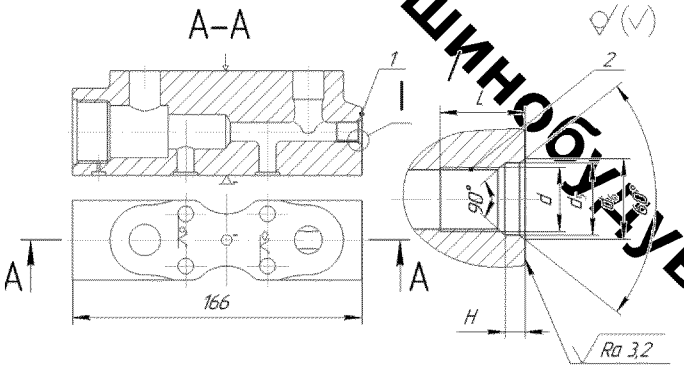
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Продовження таблиці 4.2.

1	2	3	4
015	Комбінована 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо у розмір 63 мм. 3. Центрувати 4-ри отвори 2 з утворенням фаски та 2-а отвори 3. 4. Свердлити 4 отвори 2 наскрізно. 5. Цекувати 2 отвори 3 на глибину 1,8 мм. 6. Центрувати отвір 4. 7. Свердлити отвір 4 однократно на глибину 10 мм. 8. Цекувати отвір 4 на глибину 1,8 мм. 9. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 10. Зняти заготовку.		Вертикальний багатоцільовий з ЧПК: ЛТ260МФ3

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Продовження таблиці 4.2

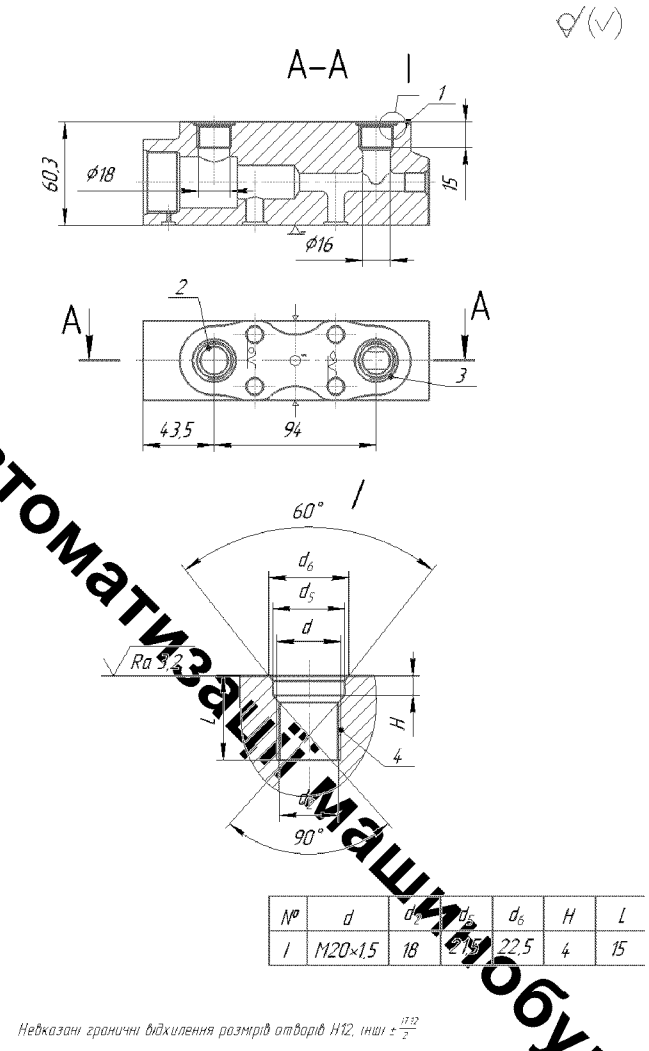
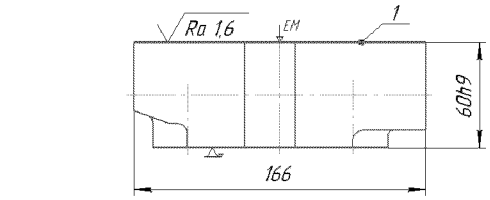
1	2	3	4
020	Токарно-револьверна з ЧПК Установ 1 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1 попередньо у розмір 170,61 мм. 3. Розточити отвір 2 попередньо на глибину 85,5 мм. 4. Розточити отвір 2 попередньо на глибину 53,5 мм. 5. Точити поверхню 1 остаточно. 6. Розточити отвір 2 остаточно на глибину 88 мм у розмір ø20H9 мм. 7. Розточити отвір 2 остаточно на глибину 55 мм у розмір ø30H9 мм з утворення профіля I. 8. Нарізати різь 3. 9. Зняти заготовку. Установ 2 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1 попередньо у розмір 167,36 мм. 3. Розсвердлити отвір 2 однократно на глибину 4 мм з утворенням фаски в 60. 4. Точити поверхню 1 остаточно. 5. Нарізати різь 3. 6. Зняти заготовку.	Установ 1  Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші ± IT12/2 Установ 2  Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші ± IT12/2	Токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі 1В340Ф30

№	d	d_2	d_5	d_6	H	L
1	M36×2,5	32	37	38,5	4	20

№	d	d_2	d_5	d_6	H	L
1	M12×1,5	10	12,5	13,5	4	14

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Продовження таблиці 4.2.

1	2	3	4
025	Комбінована 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо у розмір 61 мм. 3. Зенкувати 2 отвори 2,3 з утворенням фаски на кріпильних отворах 1х45. 4. Розточити отвори 2 і 3 по контуру вид І. 5. Нарізати різь 4. 6. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 7. Зняти заготовку.	 № | d | d_2 | d_3 | d_6 | H | l 1 | M20×1,5 | 18 | 21,5 | 22,5 | 4 | 15	Вертикальний багатоцільовий з ЧПК: ЛТ260МФ3
030	Внутрішньо-шліфувальна 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати ∅45Н7 остаточно; 2. Шліфувати торець ∅236,33±0,09/ ∅45Н7 витримав розмір 50Н14. 3. Зняти деталь.	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші ±IT12/2	Плоско-шліф. верстат: 3К22
035	Притупити гострі кромки		
040	Технічний контроль		
045	Нанесення антикорозійного покриття		

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання *комерційного потенціалу розробки* створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Оцінювання комерційного потенціалу розробки здійснюється за 12-ма критеріями [23]. Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Дерібо О.В.	Сердюк Т.В.	Савуляк В.В.
1	2	3	4
1. Технічна здійсненність концепції	2	3	2
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	1	2
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	3	4
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	4	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	4	3	2

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	1	2	2
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	3	3
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	2	4	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	1	2	1
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	4	3	3
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	4	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	3	3	4
Сума балів	$СБ_1=33$	$СБ_2=35$	$СБ_3=34$
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ}=\frac{\sum_1^3 СБ_i}{3}=\frac{33+35+34}{3}=34$		

Згідно результатів оцінювання можна охарактеризувати рівень комерційного потенціалу розробки «вище середнього» ($\overline{СБ}$=34), а також розкрити такі аспекти:

- розробка може бути реалізована на таких підприємствах як КНВО «Форт», ООО «Вінницький інструментальний завод», ВАТ «Вінницький завод тракторних агрегатів»;

- загальна якість розробки має високі показники: збільшується продуктивність роботи гідроприводу та зменшуються втрати тиску;

- за рахунок покращеної геометрії робочих частин удосконаленої конструкції деталі «Робоча секція гідророзподільника» є корисною для суспільства в якості економії енергетичних ресурсів та забезпечення співвідношення ціна-якість;

- ринками збуту продукції можуть бути підприємства України, що хочуть мати удосконалені секційні гідророзподільники;

- потенційними покупцями нового товару можуть бути підприємства з одиничним та серійним виробництвом робочих мобільних машин;

- оскільки загальний ресурс роботи удосконаленого секційного гідророзподільника є досить великим, тому будемо вважати, що його покупка підприємством буде разовою. Також оцінивши новизну, та техніко економічні показники можна припустити, що пристрій буде зберігати свою актуальність протягом 5 років.

5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) $З_о$, якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери:

$$З_о = \frac{M}{T_р} \cdot t \text{ [грн.]}, \qquad (5.2)$$

де М – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн. У 2023 році величини окладів рекомендується

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

брати до 142000 грн. за місяць для працівників професійної, наукової та технічної діяльності;

$T_р$ – число робочих днів в місяці; приблизно $T_р$ = (21…23) дні, Приймаємо 22 робочих дні;

t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Таблиця 5.2 – Розрахунки основної заробітної плати розробників

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.
Керівник проектувальник	13000	590,91	20	11818
Інженер-конструктор 1-ї категорії	11000	500	20	10000
Технік 1-ї категорії	7150	325	3	975
Всього				22793

Основна заробітна плата робітників $З_р$, якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$З_р = \sum_{1}^{n} t_i \cdot C_i \ \text{[грн.]}, \qquad (5.3)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує дану роботу. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_м \cdot K_{мкс} \cdot K_c}{T_p \cdot T_{зм}} \text{ [грн./год]}, \quad (5.4)$$

де $M_м$ – розмір мінімальної місячної заробітної плати, Мм=6700,00 грн./міс.;

$K_{мкс}$ – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітника відповідного розряду: 1,35–3 розр.; 1,7–5 розр.; 2–6 розр.;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати: приймаємо 1,8.

T_p – число робочих днів в місяці; Приймаємо T_p = 22 дні;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_3 = \frac{6700 \cdot 1,35 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 92,51 \text{ (грн/год)};$$

$$C_5 = \frac{6700 \cdot 1,7 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 116,49 \text{ (грн/год)};$$

$$C_6 = \frac{6700 \cdot 2 \cdot 1,8}{22 \cdot 8} = 137,05 \text{ (грн/год)}.$$

Таблиця 5.3 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість операції, год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка. грн.	Величина оплати на робітника грн.
Багатоцільова з ЧПК	1,1	6	137,05	150,76
Токарна з ЧПК	0,6	5	116,49	69,89
Шліфування	1,6	5	116,49	186,38
Збірка виробу	1,2	3	92,51	111,01
Всього				518,05

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10…12% від суми основної заробітної плати розробників та робітників за формулою:

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

$$З_{дод} = Н_{дод}(З_о + З_Р)\ \text{[грн.]}, \quad (5.5)$$

$$З_{дод} = 0{,}11(22793 + 518{,}05) = 2564{,}22\ \text{(грн.)}.$$

Відрахування на соціальні заходи. До статті «Відрахування на соціальні заходи» належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населения (ЄСВ — єдиний соціальний внесок). Розраховуються за формулою:

$$З_н = (З_о + З_р + З_д) \cdot \frac{Н_{зп}}{100\%}\ \text{[грн.]}, \quad (5.6)$$

де $З_о$ – основна заробітна плата розробників, грн.;

$З_р$ – основна заробітна плата робітників, грн.;

$З_д$ – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

$Н_{зп}$=22% – норма нарахування на заробітну плату.

$$З_н = (22793 + 518{,}05 + 2564{,}22) \cdot \frac{22}{100} = 5692{,}56\ \text{(грн)}$$

Сировина та матеріали. Витрати на матеріали М, що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$М = \sum_1^n Н_i \cdot Ц_i \cdot К_i - \sum_1^n В_i \cdot Ц_в\ \text{[грн.]}, \quad (5.7)$$

де $Н_i$ – витрати матеріалу *i*-го найменування, кг;

$Ц_i$ – вартість матеріалу *i*-го найменування, грн./кг.;

$К_i$ – коефіцієнт транспортних витрат, $К_i$ = (1,1…1,15) приймаємо 1,1;

$В_i$ – маса відходів матеріалу *i*-го найменування, кг;

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

$Ц_в$ – ціна відходів матеріалу *i*-го найменування, грн/кг;

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 5.4 - Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн./кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сірий чавун	72,2	2,8	0,53	7,2	218,56
Всього:					218,56

Розрахунок витрати на комплектуючі $К_в$, що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$К_в = \sum_{1}^{n} Н_j \cdot Ц_j \cdot К_j \text{ [грн.]}, \quad (5.8)$$

де $Н_j$ – кількість комплектуючих *i*-го виду, шт.;

$Ц_j$ – ціна комплектуючих *i*-го виду, грн.;

$К_j$ – коефіцієнт транспортних витрат, $К_і$ = (1,1…1,15) приймаємо 1,1;

n – кількість видів комплектуючих.

Всі інше деталі йдуть покупними та замовляються в підрядчиків. Необхідні данні для розрахунку витрат на комплектуючі вироби зведемо в таблицю 5.5

Таблиця 5.5 - Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4
Штуцер М20х1,5	2	34	74,8
Заглушка М36х2,5	1	75	82,5
Заглушка М12х1,5	1	20	22

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Продовження таблиці 5.5

1	2	3	4
Пружина LHD20044	1	30	33
Шпонхач Д10	1	450	495
Сідло 10/30	1	700	770
Інші дрібні комплектуючі	10	10	110
Всього			1587,3

Спецустаткування для наукових робіт. Проектування та удосконалення приводу подрібнювача для пластмаси виконувалася на ноутбуці ASUS VivoBook X571GT-BQ073 Star Black. Балансова вартість спецустаткування розраховується за формулою:

$$B_{спец} = \sum_{1}^{k} Ц_i \cdot C_{пр.j} \cdot K_j \text{ [грн.]}, \quad (5.9)$$

де $Ц_i$ – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{пр.i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, (K_i = 1,10…1,12) приймаємо 1,1;

k – кількість найменувань устаткування;

$$B_{спец} = 23999 \cdot 1 \cdot 1.1 = 26398,9 \text{ (грн).}$$

Програмне забезпечення для наукових робіт

При виконанні МКР використовуються програми, які є у вільному доступі та на підприємстві.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи.

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування А в цілому бути розраховані за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12} \text{ [грн]}, \quad (5.10)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_в$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного викор., років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Оф. приміщення	90000	15	1	500
Вир. прим.	150000	15	1	833,33
Ноутбук	23999	5	1	400
Фрезерна з ЧПК	500000	15	1	2777,78
Багатоцільова з ЧПК	720000	15	1	4000
Шліфувальна	480000	15	1	2666,67
Інше обладнання	10000	5	1	166,67
Всього				11344,45

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Паливо та енергія для науково-виробничих цілей. Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^{n} \frac{W_{yi} t_i Ц_e K_{вni}}{\eta_i} \text{ [грн]}, \quad (5.11)$$

W_{yi} - встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i - тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$Ц_e$ - вартість 1 кВт·години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії);

$K_{вni}$ - коефіцієнт, що враховує використання потужності, приймаємо 0,75;

η_i - коефіцієнт корисної дії обладнання, приймаємо 0,8.

При цьому вартість електроенергії розраховується:

$$Ц_e = (Ц_{опт} + Ц_{розп} + Ц_{пост})(1 + ПДВ/100\%) \quad (5.12)$$

$Ц_{опт}$ - середня оптова ціна електроенергії, яка визначається оператором ринку, грн за 1кВт·год [24, 25];

$Ц_{розп}$ - вартість розподілу електроенергії окремою енергорозподільчою компанією (без ПДВ), грн за 1кВт·год [26];

$Ц_{пост}$ - вартість постачання електроенергії від енергорозподільчої компанії до конкретного споживача (без ПДВ), грн за 1кВт·год [27].

$$Ц_e = (4719,83 + 315,93 + 0,131) \cdot (1 + 0,2)/10^3 = 6,04 \text{ грн}$$

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Таблиця 5.7 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Ноутбук	0,3	160	271,8
Фрезерна з ЧПК	4	1,1	24,92
Багатоцільова з ЧПК	5	0,6	16,99
Шліфувальна	5	1,6	45,3
Інше обладнання		10	113,25
Всього			472,26

Службові відрядженняВитрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% (приймаємо 22%) від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$B_{св} = \frac{H_{св}}{100\%}(З_о + З_р) \text{ [грн.]}, \quad (5.13)$$

$$B_{св} = 0,22(22793 + 518,05) = 5128,43 \text{ (грн).}$$

Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації. До статті «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» належать витрати на проведення досліджень, що не можуть бути виконані штатними працівниками або наявним обладнанням організації, а виконуються на договірній основі іншими підприємствами, установами і організаціями незалежно від форм власності та позаштатними працівниками.

Таких робіт не передбачено під час виготовлення зразка. Адже всі дослідження проведено на нашому підприємстві. Тому витрати на цю статтю дорівнюють 0.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Інші витрати. До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників:

$$I_в = \frac{H_{ів}}{100\%}(З_о + З_Р) \text{ [грн.]}, \quad (5.14)$$

$$I_в = 0{,}5(22793 + 518{,}05) = 11655{,}53 \text{ (грн)}.$$

Накладні (загальновиробничі) витрати. До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

$$В_{нзв} = \frac{H_{нзв}}{100\%}(З_о + З_Р) \text{ [грн.]}, \quad (5.15)$$

$$H_{нзв} = 1{,}25(22793 + 518{,}05) = 29138{,}81 \text{ (грн)}.$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи. Цей показник розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат:

$$В_{заг}=22793+518{,}05+2564{,}22+5692{,}56+218{,}56+1587{,}3+26398{,}9+0+$$
$$+11344{,}45+472{,}26+5128{,}43+0+11655{,}53+29138{,}81=117812{,}07 \text{ (грн)}$$

Загальні витрати ЗВ на завершення науково—дослідної (науково— технічної) роботи та оформлення її результатів, із врахуванням того розробка знаходиться на стадії розробки впровадження зразка:

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

$ЗВ$=117812,07/0,9=130902,3 (грн).

5.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково- дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру

Комплексний показник рівня науково-дослідної роботи

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t}, \quad (5.15)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи, I = 2...5, приймаємо 3;

n – коефіцієнт використання результатів роботи: n = 3, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок;

T_C – коефіцієнт складності роботи, T_C = 1...3, приймаємо 2;

R – коефіцієнт результативності роботи: результати роботи плануються вище відомих, то R = 4;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн;

t – час проведення дослідження, років.

$$K_p=(3^3\cdot 2\cdot 4)/(130{,}902\cdot 0{,}083)=19{,}88$$

Так як K_p>1, то науково-дослідна робота є ефективною.

5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Оскільки у нас удосконалення конструкції деталі секційного гідророзподільника, то майбутній економічний ефект буде формуватися на основі

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

таких даних: збільшення кількості споживачів пристрою, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик – 200 шт; кількість споживачів, які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки – 500 шт; вартість пристрою (машини, механізму) у році до впровадження результатів розробки – 5000 грн; зміна вартості пристрою (зростання чи зниження) від впровадження результатів науковотехнічної розробки в аналізовані періоди часу – 500 грн.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2024 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2024-го, 2025-го, 2026-го, 2027-го та 2028-го років.

З 2029 року ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку $П_i$, що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta П_i = \sum_{1}^{n} \Delta Ц_o \cdot N + Ц_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \vartheta/100)_i \text{ [грн]}, \qquad (5.16)$$

де $\Delta Ц_o$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

$Ц_o$ – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. коефіцієнт λ = 0,8333;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати ρ = 0,2...0,3; візьмемо ρ = 0,25;

ϑ – ставка податку на прибуток. ϑ = 18%.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора $П_i$ протягом першого року від реалізації нашої розробки (2023 р.) складе:

$$\Delta П_1 = (1500 \cdot 500 + 6500 \cdot 200) \cdot 0{,}8333 \cdot 0{,}25 \cdot (1 - 18/100) = 350194{,}3 \text{ (грн.)}$$

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_{1}^{m} \frac{\Delta П_i}{(1+\tau)^t} \text{ [грн]}, \qquad (5.16)$$

де $\Delta П_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн;

т – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої роботи, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{350194,3}{(1+0,1)^2} + \frac{350194,3}{(1+0,1)^3} + \frac{350194,3}{(1+0,1)^4} + \frac{350194,3}{(1+0,1)^5} = 1009152,5 \text{ (грн.)}.$$

Далі розраховують величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{інв} \cdot ЗВ \text{ [грн]}, \quad (5.17)$$

де $k_{інв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо; зазвичай $k_{інв}$ =2...5, приймаємо 2.

$$PV=2 \cdot 130902,3=261804,6 \text{ (грн)}.$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$Е_{абс} = (ПП – PV) \text{ [грн]}, \quad (5.18)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн;

Якщо $Е_{абс} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $Е_{абс} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Тоді

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

$$Е_{абс} = (1009152,5 – 261804,6) = 747347,9 \text{ (грн.)}.$$

Оскільки $Е_{абс} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів роботи може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій $Е_в$. Для цього користуються формулою:

$$E_в = \sqrt[T_ж]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \qquad (5.19)$$

де $Е_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

$Т_ж$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_в = \sqrt[5]{1 + \frac{747347,9}{261804,6}} - 1 = 0,31 = 31\%.$$

Далі, розрахована величина $Е_в$ порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування $\tau_{мін}$, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{мін}$ визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \qquad (5.20)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні d = (0,16...0,22);

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина f = (0,05 – 0,2), але може бути і значно більше.

Якщо величина $E_в > \tau_{мін}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спочатку спрогнозуємо величину $\tau_{мін}$. Припустимо, що за даних умов:

$$\tau_{мін} = 0,22 + 0,1 = 0,23 = 23\%.$$

Оскільки $E_в = 31\% > \tau_{мін} = 23\%$, то інвестора може бути зацікавлений у вкладенні грошей в дану наукову розробку.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_в} \text{ [роки]}. \qquad (5.21)$$

Якщо $T_{ок} < 3…5$-ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування.

$$T_{ок} = \frac{1}{0,31} = 3,23 \text{ (років)}.$$

Це свідчить про можливу доцільність фінансування даної наукової розробки.

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено та розраховано кошторис капітальних витрат на розробку нового технічного рішення, на його виробництво та впровадження, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

Визначення капітальних витрат на розробку нового технічного рішення включало витрати на основну і додаткову заробітну плату розробників та робітників, амортизацію обладнання, витрати на електроенергію, матеріали і таке

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ження. В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та 4 ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності. За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової роботи оскільки вона є економічно виправданою. Термін окупності вкладених коштів у реалізацію наукового проєкту становить $T_{ок}$=3,23 роки. Крім того відносна ефективність вкладень $E_{в}$=31% є більшою за мінімальну ставку дисконтування $\tau_{мін}$=26%, що може зацікавити у фінансуванні даної наукової розробки. Приведена вартість прибутків становить ПП=1009152,5грн.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПРИ УДОСКОНАЛЕНІ ДЕТАЛІ «РОБОЧА СЕКЦІЯ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА»

Зростання продуктивності праці відбувається в результаті збільшення фонду робочого часу завдяки скороченню внутрішньо-змінних простоїв шляхом ліквідації мікротравм або зниження їх кількості, а також завдяки запобіганню передчасного стомлення шляхом раціоналізації і покращення умов праці та введенню оптимальних режимів праці і відпочинку та інших заходів, які сприяють підвищенню ефективності використання робочого часу.

Під час роботи з удосконаленою конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника» на працівника могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; підвищена чи понижена іонізація повітря; пряма і відбита блискучість; підвищення яскравість; недостатня освітленість робочої зони.

2) Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

6.1 Технічні рішення з безпечного виконання роботи

Загальною вимогою раціональної організації робочих місць є створення працівникам максимальної зручності для здійснення їх діяльності, вивільнення від нераціональних переміщень та рухів, зниження на цій основі витрат праці на виконувану роботу. Економія часу і сил працівника - головні критерії раціональності організації робочих місць.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Робоче місце і взаємне розташування усіх її елементів має відповідати антропометричним, фізичним і неординарним психологічним вимогам [28]. Важливе значення має також характеру роботи. Зокрема, з організацією робочого місця проектувальника мають бути дотримані такі основні умови:

– оптимальне розміщення устаткування, що до складу робочого місця;

– достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні руху, і переміщення;

– необхідне природне, і штучне висвітлення до виконання поставлених завдань;

– рівень акустичного шуму, який не перевищує допустимого значення;

– достатня вентиляція робочого місця;

Головними елементами робочого місця розробника є письмовий стіл і крісло. Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи організується відповідно до вимог [29].

Необхідно передбачити при проектуванні можливість різного розміщення документів: збоку від ПК, між монітором і клавіатурою і т.п. Крім того, у випадках, коли ПК має низьку якість зображення, наприклад, помітні мигоління, відстань від очей до екрана роблять більшою (близько 700 мм), ніж відстань від ока до документа (300…450 мм). В загальному випадку, при високій якості зображення на ПК відстань від очей користувача до екрана, документа і клавіатури може бути рівним.

Велике значення надається характеристикам робочого крісла [30]. При проектуванні крісла виходять з того, що при будь-якому робочому положенні дослідника його поза повинна бути фізіологічно правильно обгрунтованою, тобто положення частин тіла повинно бути оптимальним. Для задоволення вимог фізіології, що випливають з аналізу положення тіла людини в положенні сидячи, конструкція робочого сидіння повинна відповідати таким основним вимогам:

– допускати можливість зміни положення тіла, тобто забезпечити вільне переміщення корпуса і кінцівок тіла один щодо одного;

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

– допускати регулювання висоти в залежності від росту працюючої людини (в межах від 400 до 550 мм);

– мати злегка увігнуту поверхню, мати невеликий нахил, тому поверхню сидіння рекомендується робити м'якою, передній край закругленим, а кут нахилу спинки робочого крісла - регульованим.

Приміщення, де здійснювалася роботи з удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника»за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, мало запорошене, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів) [31].

На робочому місці з усього обладнання металевим є лише корпус системного блоку комп'ютера, в якого крім робочої ізоляції передбачений елемент для заземлення та провід з заземлюючий жилою для приєднання до джерела живлення.

Електротехнічне устаткування: апаратури, кабелі і керівництва, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняє умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Для забезпечення безпеки установлюються наступні технічні рішення:

- Забезпечено недоступність струмопровідних частин (застосована схована проводка, кабель прокладений у спеціальних ринвах).
- Забезпечено ізолювання струмопровідних частин з використанням ізоляції, опір якої не нижче 1кОм/В, передбачені постійний контроль і профілактика ізоляції.
- Напруга освітлювальної мережі приймається 220 В із заземленою нейтраллю.

У випадку виникнення аварійної ситуації працівник зобов'язаний:

– у всіх випадках виявлення пошкодження проводів електричного живлення, несправності заземлення та інших пошкодженнях електрообладнання,

виникненні запаху гарі, диму - негайно вимкнути електричне живлення і повідомити про аварійну ситуацію свого безпосереднього керівника й чергового електрика;

– при попаданні людини під електричну напругу негайно звільнити її від дії струму шляхом вимкнення електричного живлення, до прибуття лікаря надати потерпілому долікарську медичну допомогу;

– при будь-яких випадках порушень роботи технічного обладнання або програмного забезпечення негайно викликати представника технічної служби з питань експлуатації обчислювальної техніки;

– у випадку виникнення різі в очах, різкого погіршення зору, виникнення головного болю, больових відчуттів у пальцях та кистях рук, посилення серцебиття - негайно припинити роботу з використанням ПК, повідомити про те, що сталося, свого безпосереднього керівника й звернутися до медичної установи;

– при загорянні обладнання негайно відключити його від електромережі;

– про загорання повідомити свого безпосереднього керівника, оперативного чергового, пожежну службу; ужити заходів щодо ліквідації вогню за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Робота, яка виконується проектувальником, згідно за енерговитратами відноситься до категорії I а (енерговитрати до 139Дж/с) [32]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.6.1 (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [33]).

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t,°C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено система опалення, система кондиціювання та систематичне вологе прибирання.

Вимірювання параметрів мікроклімату проводиться на робочому місці і в робочій зоні на початку, в середині та в кінці робочої зміни. Вимірювання здійснюються не менше 2-х разів на рік (теплий та холодний періоди року) у порядку поточного санітарного нагляду, а також при прийманні до експлуатації нового технологічного устаткування, внесенні технічних змін в конструкцію діючого устаткування, організації нових робочих місць тощо.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності досліджується вплив цих речовин на організм людини і встановлюють безпечні для людини концентрації та дози, які можуть потрапити різними шляхами в організм людини.

Для створення здорових і безпечних умов праці потрібно мати гігієнічне нормування шкідливих речовин, надійні способи визначення їх концентрацій у повітрі і сучасне технічне та організаційне забезпечення їх знешкодження.

В приміщенні, де здійснюється роботи з удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника» можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил та озон. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК

шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщені, наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м^3		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл. 6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см^3	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи (раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, чергування праці і відпочинку), так і технічні засоби (вентиляція, кондиціювання повітря, опалювальна система).

6.2.3 Виробниче освітлення

Світло впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. У разі поганого освітлення людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні, які необхідно забезпечити під час виконання роботи зазначені у таблиці 6.4 (відповідно ДБН В.2.5-28-2018 [34]):

Таблиця 6.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, $e_н$, %			
						Штучне освітлення		Природнє освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	верхнє	Бокове	верхнє	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

1) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.

2) Система природного освітлення доповнюється загальним штучним освітленням, що створюється за допомогою люмінесцентних ламп.

6.2.4 Виробничий шум

Для робочих місць в приміщеннях із ПК характерна наявність механічних шумів (виникають внаслідок коливання деталей машин та їхнім взаємним

переміщенням), аеродинамічних шумів (виникають в пружних конструкціях у газі або рідині) та шумів електричних машин.

Деякі ПК є потенційними джерелами цілого ряду звукових коливань як чутного, так і ультразвукового діапазону. Найчастіше рівні акустичного випромінювання, що виходить від ПК, охоплюють діапазон частот від 6,3 до 40 кГц.

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [35]. Для умов виконання роботи допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньогеометричними частинами (Гц)									Допуст-мий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

6.2.5 Виробничі випромінювання

Під час проектування існує ризик виникнення підвищеного рівня електромагнітного поля. Несприятливу дію на організм людини мають електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, джерелами яких є телевізійні і радіомовні станції, пристрої стільникового радіозв'язку, апарати високочастотного нагрівання і навіть побутова апаратура.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Електромагнітні поля чинять термічний і морфологічний вплив на організм людини, викликаючи в ньому функціональні зміни.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітора комп'ютера представлені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати: для дорослих користувачів для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	20кВ / м 15кВ / м

Для зниження дії цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори із зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99, TCO-03), а також дотримувати регламентовані режими праці і відпочинку.

6.3 Дослідження безпеки роботи в умовах дії загрозливих факторів надзвичайних ситуацій

6.3.1 Дія вогню на будівлі виробничих приміщень під час пожежі

Аналіз пожеж показує, що рівень гранично допустимих чинників пожежі виникає через 5-10 хв з початку пожежі, несучу здатність будівельні металеві

конструкції втрачають через 10-15 хв, а середній час початку ефективних дій пожежних підрозділів становить 20-25 хв.

Пожежну небезпеку посилює зростання концентрації горючих речовин і матеріальних цінностей, що припадає на одиницю площі будівель (пожежне навантаження), що призводить до дуже високого рівня їх пожежної небезпеки.

Тяжкість наслідків від пожеж значною мірою зумовлена недостатньою захищеністю будівель та споруд системами автоматичного протипожежного захисту та їх некваліфікованим обслуговуванням.

Причиною зростання кількості жертв та матеріальних збитків на пожежах стає те, що технічна оснащеність пожежної охорони значно відстає від сучасних вимог і недостатньо укомплектована засобами рятування людей та засобами пожежогасіння.

Втрати від пожеж визначаються сукупністю видів збитків від них. Втрати на пожежах пов'язані з прямими, побічними, соціальними та екологічними збитками.

Вогонь – надзвичайно небезпечний чинник пожежі, однак випадки його безпосередньої дії на людей зустрічаються досить рідко. Під час пожежі температура полум'я може досягати 1200-1400 °С і у людей, що знаходяться у зоні пожежі випромінювання полум'я можуть викликати опіки та болісні відчуття.

Дим являє собою велику кількість видимих найдрібніших твердих та (або) рідинних часточок незгорівших речовин, що знаходяться в газах у завислому стані. Він викликає інтенсивне подразнення органів дихання та слизових оболонок (сильний кашель, сльозотечу тощо). Крім того, у задимлених приміщеннях внаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а часом провести її зовсім неможливо. Так, при значній задимленості приміщення видимість предметів, що освітлюються лампочкою потужністю 20 Вт, складає не більше 2,5 м.

Недостатність кисню спричинена тим, що в процесі горіння відбувається хімічна реакція окислення горючих речовин та матеріалів. Небезпечною для життя людини уже вважається ситуація, коли вміст кисню в повітрі знижується до 14% (норма 21 %). При цьому втрачається координація рухів, з’являється кволість, запаморочення, гальмування свідомості. При концентрації кисню 9-11% смерть настає через кілька хвилин.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Вибухи, витікання небезпечних речовин можуть бути спричинені їх нагріванням під час пожежі, розгерметизацією посудин та трубопроводів з небезпечними рідинами та газами тощо. Вибухи збільшують площу горіння і можуть призводити до утворення нових осередків пожеж. Люди, що перебувають поблизу, можуть попасти під дію вибухової хвилі, діставати ураження уламками тощо.

Руйнування будівельних конструкцій відбувається внаслідок втрати ними несучої здатності під впливом високих температур та вибухів. При цьому люди можуть одержати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж, евакуація може бути просто неможливою, внаслідок завалів евакуаційних виходів та руйнування шляхів евакуації [36].

6.3.2 Визначення кількості вогнегасників

Вихідні дані: розміри приміщення (м): 13 × 7 × 3.

Згідно ОНТП 24-86, приміщення, де використовуються персональні комп'ютери, слід оснащувати переносними вуглекислотними або порошковими вогнегасниками ємністю 3 л з розрахунку: один вогнегасник на кожні 20 м^2 підлоги приміщення.

Таким чином, орієнтовна кількість вогнегасників визначається за формулою:

$$n=S_П/S_{П1} \text{ [шт]}, \qquad (6.1)$$

де $S_П$ – площа підлоги приміщення, м^2;

$S_{П1}$ – площа підлоги, що припадає на один вогнегасник ($S_{П1}$ = 20 м^2).

За відомими розмірами приміщення знайдемо площа підлоги приміщення:

$$S_П=ab \text{ [м}^2\text{]}, \qquad (6.2)$$

де a – довжина приміщення, м;

b – ширина приміщення, м.

Отже, площа підлоги приміщення складає

$$S_П = 13 \cdot 7 = 91 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Таким чином визначаємо орієнтовну кількість вогнегасників:

$$n = 91 / 20 = 4{,}55 \text{ (шт)}.$$

Отримане значення заокруглюємо до найближчого більшого значення $n = 5$ шт.

6.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи в умовах дії надзвичайної ситуації

З метою попередження пожежі проводяться організаційні, технічні, експлуатаційні і режимні заходи.

До організаційних заходів відносяться: навчання працюючих правилам пожежної безпеки, проведення інструктажів, бесід, лекцій тощо.

До технічних – дотримування протипожежних правил і норм при встановлені опалення, вентиляційного обладнання.

До експлуатаційних – заходи, що передбачають правильну експлуатацію машин, обладнання, транспорту, правильне утримання будинків і території.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) було удосконалено конструкцію та технологічний процес обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника» шляхом імітаційного моделювання, що забезпечило необхідні показники місцевих втрат тиску.

Під час роботи над першим розділом МКР було проведено аналіз конструкцій секційних гідророзподільників. Проведено огляд літературних джерел по дослідженням секційних гідророзподільників.

В другому розділі складено схему гідроприводу мобільної робочої машини на основі секційного гідророзподільника. Досліджено його розрахункову схему та математичну модель. А також знайдено основні параметри режимів роботи гідроприводу мобільної робочої машини.

В третьому розділі розглянуто алгоритм проведення імітаційного дослідження течій робочої рідини по каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника». Зроблено підбір ливарних радіусів для покращення показників місцевих втрат тиску в каналах секційного гідророзподільника. Отриманий графік залежності що, показує різницю у місцевих втратах тиску робочої рідини під час переходу від більшого діаметру каналі в менший і навпаки. Прийнято використовувати ливарні радіуси для заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника» більше 3 мм. Зменшення місцевих втрат тиску досягнуто від 7.7% до 3,7% в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника».

Удосконалено конструкцію деталі «Робоча секція гідророзподільника» шляхом зменшення не оброблюваних ділянок матеріалу. Це дозволило зменшити масу заготовки та покращити коефіцієнт використання матеріалу з 0,65 до 0,81.

Четвертому розділ МКР розроблено новий технологічний процес для обробки удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника». Він включає на 1 менше операцій, ніж в аналога, що покращує продуктивність виготовлення деталі, та зменшує її вартість.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

П’ятому розділ МКР розраховано економічну доцільності виготовлення виробу, в якому зазначено, що річний прибуток виробника складе більше 1009,15 тисяч грн з терміном окупності за 3,23 роки.

В шостому розділі МКР розкрито питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано всі умови праці присутні на дільниці механічної обробки, включаючи: виробничу санітарію, пожежну безпеку, освітлення, шум і т.д., а також дія іонізуючих та електромагнітних випромінювання на електронні та електричні системи.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козлов Л.Г. Вдосконалення системи керування гідроприводів з LS-регулюванням: дис. канд. тех. наук: 05.02.03 / Козлов Леонід Геннадійович – Вінниця, 2000р. – 220 с.

2. LUDV control block of mono and sandwich plate design / Bosch Rexroth AG. – Hydraulicsc. 2006. – P. 15.

3. Catalogue HK. 51. A1. 02. Danfoss 11/91. – P. 9-10.

4. Technical Information PVG 32 Proportional Valve Group. – P. 246. Електронний ресурс: https://assets.danfoss.com/documents/238670/BC152886483664en-001506.pdf

5. BOSCH Elektohydraulische Steuerungen fur Mobilwegeventile der Bautcihen SB12 und SB23 HP/VKD-213 eg 00514, De 3.89 – 3989. – 174 p.

6. Jonson. Load-sensing systems control speed accurately // HYDRAULICS & PNEUMATICS, MARCH 1995. – P. 33-36.

7. Стійкість гідропривода з пропорційним керуванням при знакозмінному навантаженні / Л.Г. Козлов, к.т.н., Я.В. Шаматієнко, А.І. Ковальчук, В.М. Черніюк – Хмельницький: Вісник ХНУ, 2010. № 3. – С. 163-168.

8. Піонткевич О. В. Підвищення ефективності багаторежимного гідроприводу фронтального навантажувача [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.02 / Олег Володимирович Піоткевич , Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". – Київ, 2019. – 27 с.

9. Гідропривод з пружно-гідравлічним дозуванням рідини / О. П. Губарев [та ін.] // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – № 17 (1293). – С. 25-33.

10. Бочаров В. П. Гідравліка та гідропневмопристрої авіаційної техніки: Навчальний посібник / В. П. Бочаров, М. М. Глазков, Г. Й. Зайончковський, [та ін.]. – К. : «НАУ-друк», 2011. – 472 с

11. Козлов Л. Г. Наукові основи розробки систем гідроприводів маніпуляторів з адаптивними регуляторами на основі нейромереж для мобільних робочих машин: дис. … д-ра техн. наук : 05.02.02 – Машинознавство / Л. Г. Козлов. – Київ, 2015. – 421 с.

12. Improvement of the Hydraulic Units Design Based on CFD Modeling /O. Petrov, L. Kozlov, D. Lozinskiy, O. Piontkevych// Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. Lecture Notes in Mechanical Engineering. DSMIE 2019. LNME. Springer, Cham. 2020. P. 653-660. doi: 10.1007/978-3-030-22365-6_65

13. Drive and Control Systems for Combine Harvesters and Forage Harvesters. - Bosch Rexroth AG, 2001, RE 98071. – P. 15-19.

14. Fiebig W, Szwemin P, Zawislak M. CFD Simulation of Flow Phenomena in Selected Centrifugal Pumps, Industrial Fans and Positive Displacement Pumps [Internet]. Advanced Computational Fluid Dynamics for Emerging Engineering Processes - Eulerian vs. Lagrangian. IntechOpen; 2019. Available from: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.

15. Drive and Control Systems for Commercial Vehicles. - Brueninhaus Hydromatic, 1998, RE 98075. – P. 18-26.

16. A methodology for the parametric modelling of the flow coefficients and flow rate in hydraulic valves / J.R. Valdés, J.M. Rodríguez, J. Saumell, T. Pütz // Energy conversion and management. – V. 88, 2014. pp. 598-611. DOI: 10.1016/j.enconman.2014.08.057

17. Трегубов В.О. Удосконалення конструкції секції гідророзподільника на основі інженерного аналізу / О.В. Трегубов, В.О. Ницимайло, В.Р. Орленко // Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2024). Вінниця: ВНТУ. – 2023. – С. 3. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19738/16344

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

18. Козлов Л.Г. Вплив параметрів системи керування на стійкість гідроприводa інваріантного до знакозмінного навантаження / Л.Г. Козлов, І.В. Бойко, О.В. Піонткевич// Наукові нотатки: міжвузівський збірник. Луцьк, No 40, 2013. – С. 118-123.

19. Simulation of Dynamic Systems with MATLAB and Simulink. Third Edition / Harold Klee, Randal Allen. – USA : Taylor and Francis Group, CRC Press, 2018. – 853 p.

20. An Introduction to SOLIDWORKS Flow Simulation 2019 / John E. Matsson. – USA : SDC Publications, 2019. – 331 p.

21. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.

22. Гевко Б.М., Гевко І.Б., Радик Д.Л. Технологія сільськогосподарського машинобудування – К.: Кондор, 2006 – 365 с.

23. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

24. Погодинні ціни купівлі-продажу електроенергії. Режим доступу: https://www.oree.com.ua/index.php/pricectr

25. Тарифи на електроенергію для підприємств. Режим доступу: https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/electric/prom/

26. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Режим доступу: https://www.nerc.gov.ua/sfery-diyalnosti/elektroenergiya/promislovist/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-nepobutovih-spozhivachiv/tarifi-na-poslugi-z-rozpodilu-elektrichnoyi-energiyi

27. Тарифи на постачання електричної енергії. Режим доступу: https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/promislovist/tarifi-na-elektroenergiyu-dlya-nepobutovih-spozhivachiv/tarifi-na-poslugi-postachalnikiv-universalnih-poslug/tarifi-na-poslugi-postachalnikiv-universalnih-poslug-shcho-prodovzhuyut-diyati-z-01042023

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

28. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). К. : ДП «УкрНИУЦ», 2016. 21

29. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart. com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

30. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я праців ників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop _0 _ 00-7_ 15-18_01_ua.php.

31. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.energiy.com.ua/PUE.html

32. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1980 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86

33. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972

34. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8[illegible]5.html

35. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html

36. Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Цивільний захист та охорона праці в галузі. Частина 1. Цивільний захист" / Уклад. О. В. Поліщук, О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 32 с.

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Кафедра Теханологій та автоматизації машинобудування

ДОДАТКИ

Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: *Удосконалення конструкції та технологічного процесу обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника»*

Тип роботи: *магістерська кваліфікаційна робота*
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра технологій та автоматизації машинобудування, ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 98,05 Схожість 1,95

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

✚ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ *Сердюк О.В.*
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ *Орленко В.Р.*
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ *Піонткевич О.В.*
(підпис) (прізвище, ініціали)

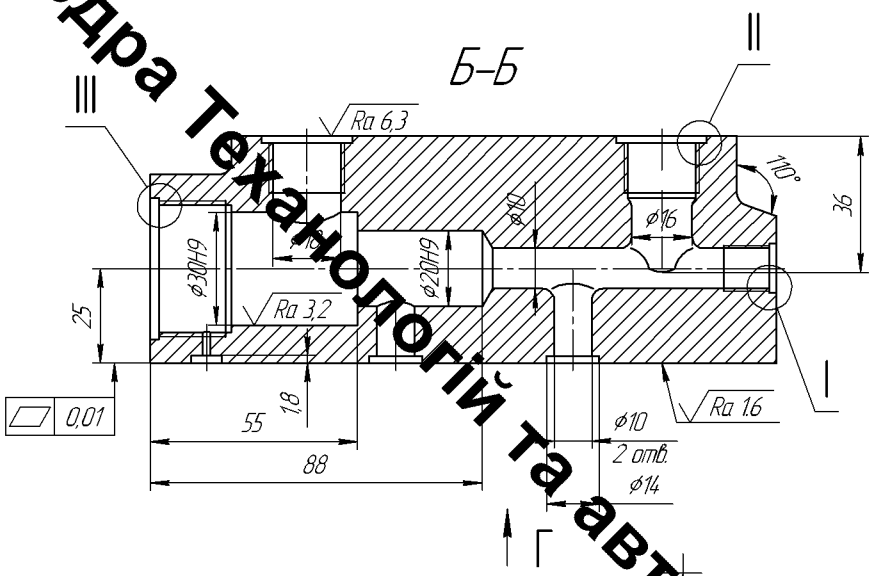
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

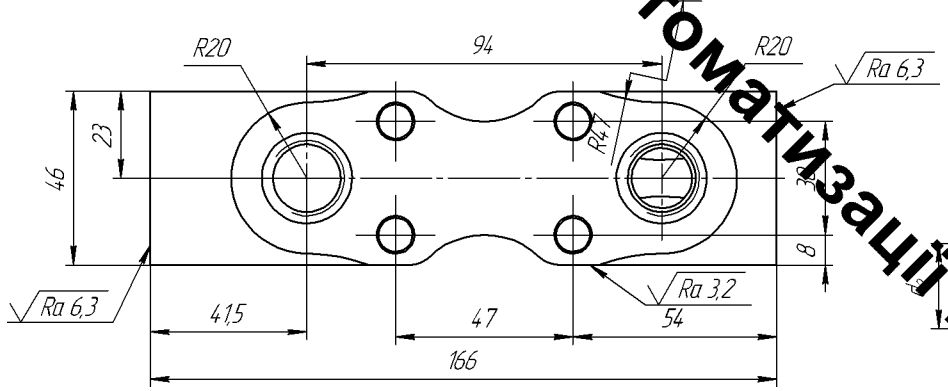
ДОДАТОК Б

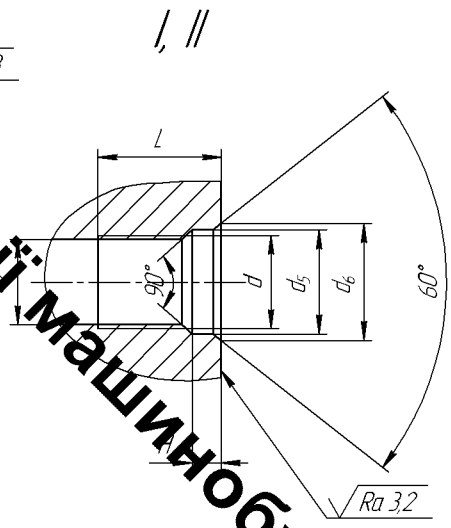
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «РОБОЧА СЕКЦІЯ ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА»

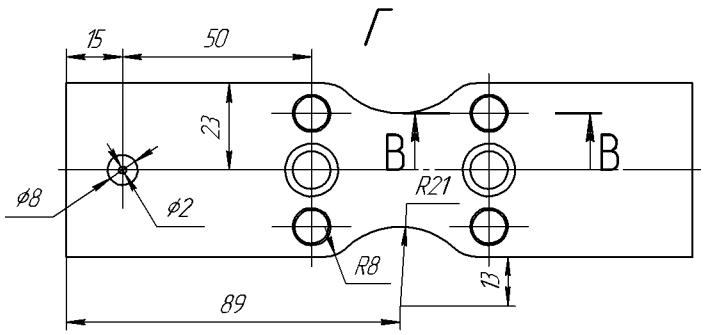
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

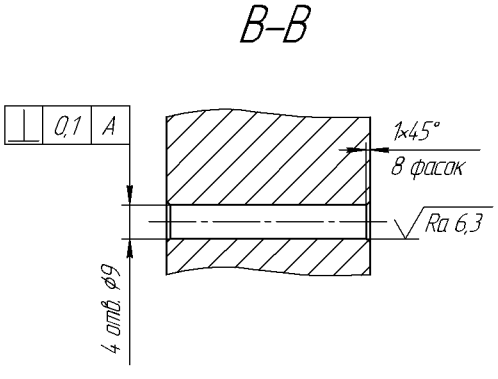






№	d	d_2	d_5	d_6	H	L
I	M12×1,5	10	12,5	13,5	4	14
II	M20×1,5	18	21,5	22,5	4	16
III	M36×2,5	32	37,5	38,5	4	28





1. Гострі кромки притупити фасками 0,5×45°. Заусенці зняти.
2. Ливарні радіуси 3 мм.
3. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів – H12, валів – h12,

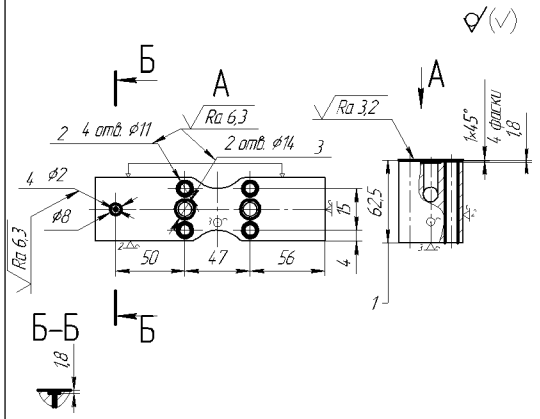
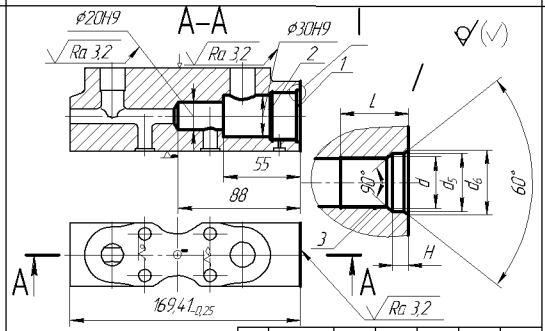
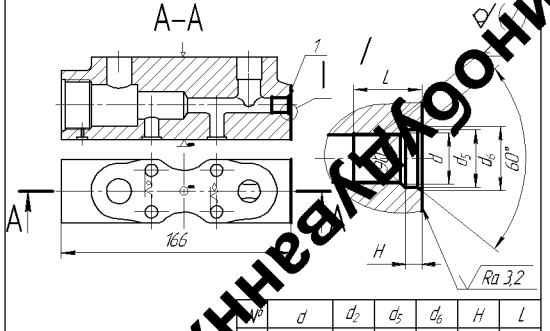
решта – $\pm\frac{1}{2}$ IT12.

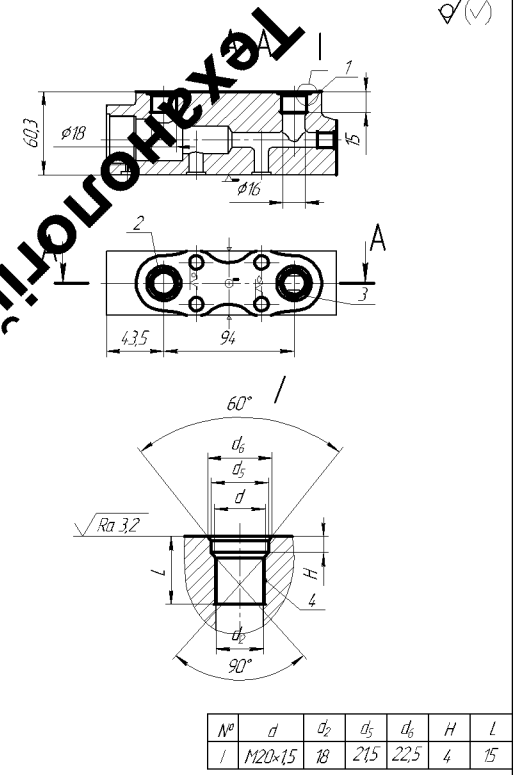
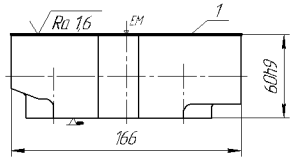
					08-64.МКР.017.01.001		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Робоча секція гідророзподільника	Лит.	Масса / Масштаб
Разраб.		Орленко		06.12.23		Н	2,27 / 1:1
Пров.		Понткевич		07.12.23		Лист	Листов 1
Т.контр.							
Н.контр.		Сердюк		13.12.23	СЧ 18 ДСТУ 3183-95	ВНТУ, ст. гр. 2ПМ-22м	
Утв.		Козлов		15.12.23			

Копировал Формат А2

Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Маршрут механічної обробки

№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2		4
005	**Комбінована** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо у розмір 6,3 мм. 3. Центрувати 4–ри отвори 2 з утворенням фаски та 2–а отвори 3. 4. Свердлити 4 отвори 2 наскрізно. 5. Цекувати 2 отвори 3 на глибину 1,8 мм. 6. Центрувати отвір 4. 7. Свердлити отвір 4 однократно на глибину 10 мм. 8. Цекувати отвір 4 на глибину 1,8 мм. 9. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 10. Зняти заготовку.	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	Вертикальний багатошпиндельний з ЧПК ЛГ260МФ3
010	**Токарно–револьверна з ЧПК** **Установ 1** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1 попередньо у розмір $170{,}61_{-0{,}4}$ мм. 3. Розточити отвір 2 попередньо на глибину 85,5 мм. 4. Розточити отвір 2 попередньо на глибину 53,5 мм. 5. Точити поверхню 1 остаточно. 6. Розточити отвір 2 остаточно на глибину 88 мм у розмір ⌀20H9 мм. 7. Розточити отвір 2 остаточно на глибину 55 мм у розмір ⌀30H9 мм з утворення профіля I. 8. Нарізати різь 3. 9. Зняти заготовку.	 | №	d	d_2	d_5	d_6	H	L
---	---	---	---	---	---	---
I	M36×2,5	32	37	38,5	4	20	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	Токарно–револьверний верстат з ЧПК моделі 1Б340Ф30
	Установ 2 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1 попередньо у розмір $167{,}36_{-0{,}16}$ мм. 3. Розсвердлити отвір 2 однократно на глибину 4 мм з утворенням фаски в 60°. 4. Точити поверхню 1 остаточно. 5. Нарізати різь 3. 6. Зняти заготовку.	 | №	d	d_2	d_5	d_6	H	L
---	---	---	---	---	---	---
I	M12×1,5	10	12,5	13,5	4	14	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	

№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
015	**Комбінована** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо у розмір 61 мм. 3. Зенкувати 2 отвори 2 і 3 з утворенням фаски на кріпильних отворах $1{\times}45^{-0}$. 4. Розточити отвори 2 і 3 по контуру вид I. 5. Нарізати різь 4. 6. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 7. Зняти заготовку.	 | №	d	d_2	d_5	d_6	H	L
---	---	---	---	---	---	---
I	M20×1,5	18	21,5	22,5	4	15	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	Вертикальний багатошпиндельний з ЧПК ЛГ260МФ3
020	**Шліфувальна** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхню 1 у розмір $60h9_{-0{,}074}$ мм. 3. Зняти заготовку.	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	Плоско–шліфувальний верстат 3Б722

Кафедра технології та автоматизації машинобудування

Огляд моделей фрезерних верстатів з ЧПК

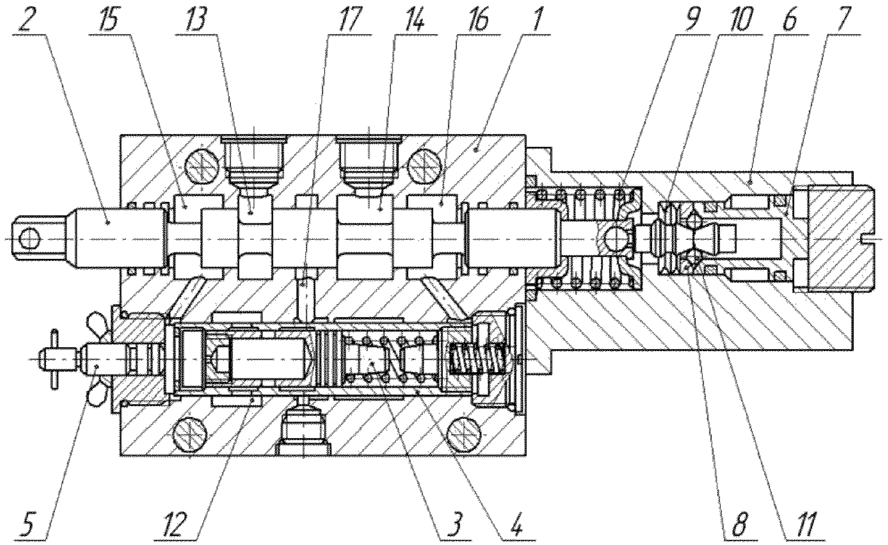


Рисунок 1 – Конструкція робочої секції секційного гідророзподільника розробленого в ВНТУ

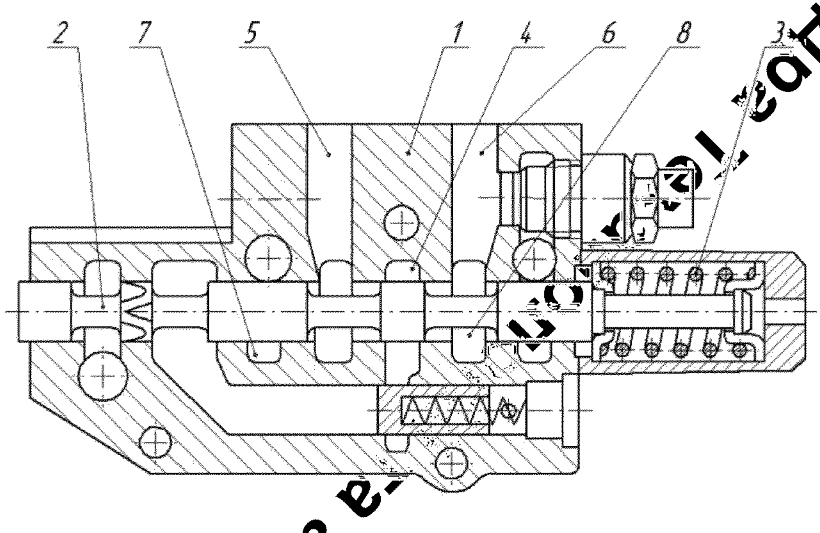


Рисунок 2 – Конструкція секційного гідророзподільника фірми «Rexroth»

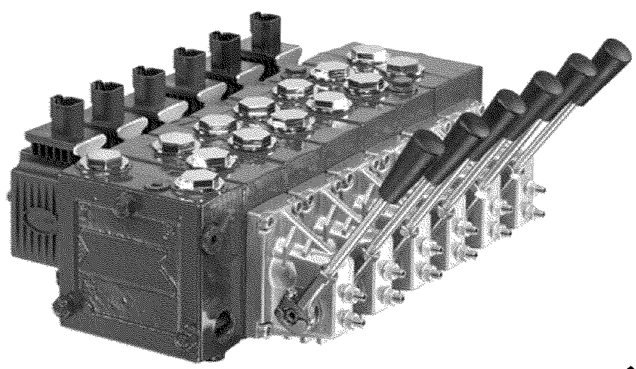


Рисунок 3 – Секційний гідророзподільник фірми «Danfoss»

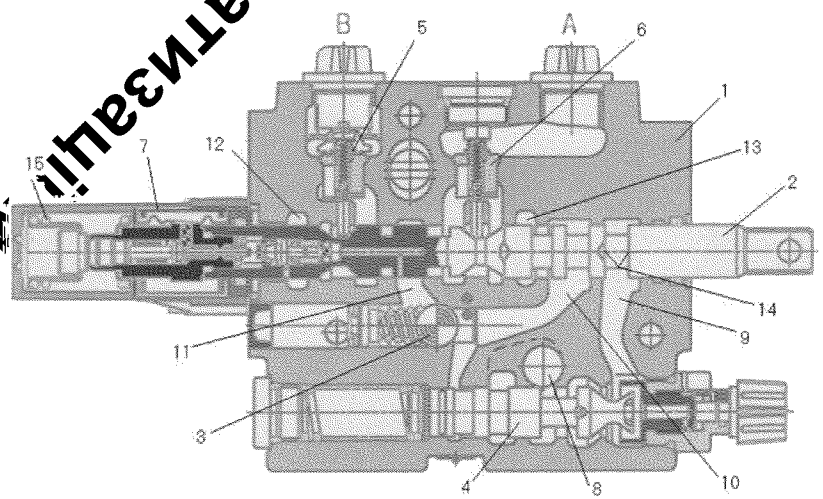
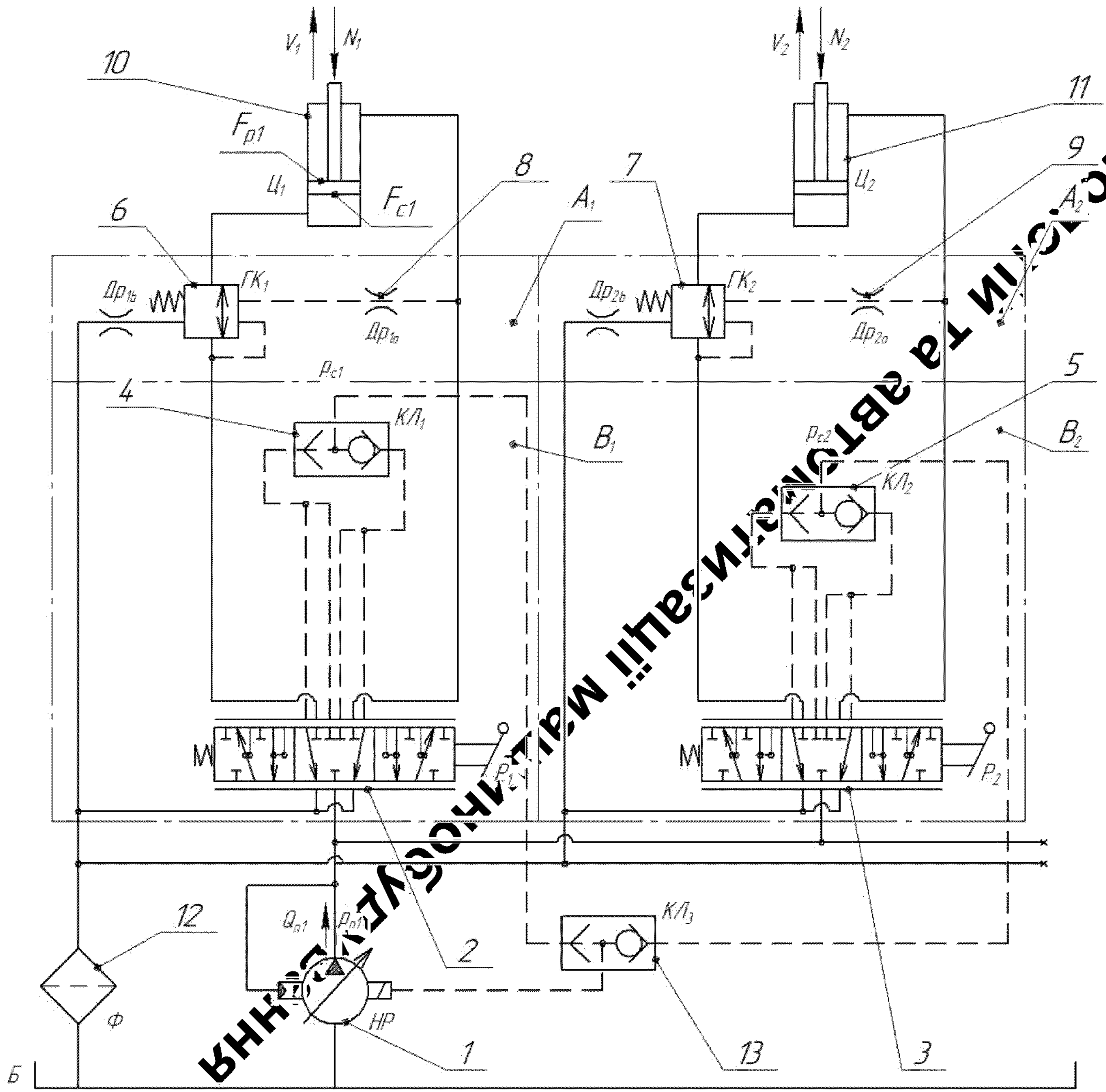


Рисунок 4 – Конструкція секційного гідророзподільника фірми «BOSCH»

Секційні гідророзподільники

Кафедра технологія та автоматизація машинобудування

Схема гідроприводу на два виконавчі органи для робочої мобільної машини



Кафедра Технології та автоматизації машинобудування

Розрахункова схема та математична модель прототипу

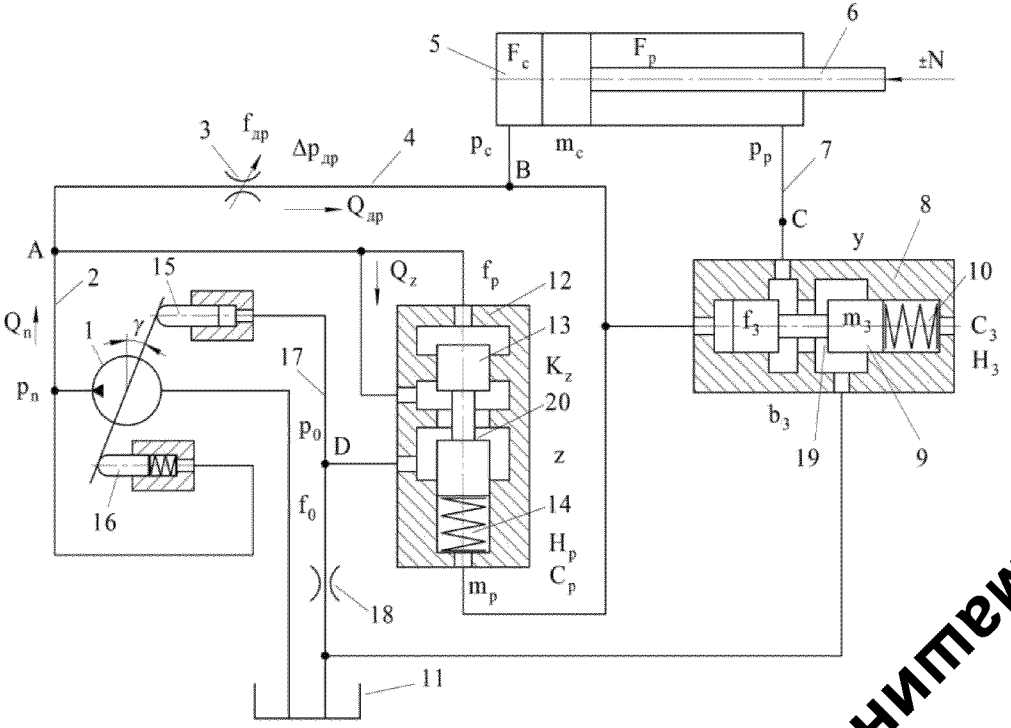


Рисунок 1 – Розрахункова схема

$$Q_n = \mu \cdot f_{dr} \cdot \sqrt{\frac{2(p_n - p_c)}{\rho}} + \mu \cdot k_z \cdot z \cdot \sqrt{\frac{2(p_n - p_0)}{\rho}} + \beta \cdot W_n \cdot \frac{dp_n}{dt};$$

$$\mu \cdot f_{dr} \cdot \sqrt{\frac{2(p_n - p_c)}{\rho}} = F_c \cdot V + \beta \cdot W_c \cdot \frac{dp_c}{dt};$$

$$F_p \cdot V = \mu \cdot \pi \cdot d_3 \cdot y \cdot \sqrt{\frac{2p_p}{\rho}} + \beta \cdot W_p \cdot \frac{dp_p}{dt};$$

$$\mu \cdot k_z \cdot z \cdot \sqrt{\frac{2(p_n - p_0)}{\rho}} = \mu \cdot f_0 \cdot \sqrt{\frac{2p_0}{\rho}} + \beta \cdot W_0 \cdot \frac{dp_0}{dt};$$

$$J \cdot \frac{d^2\gamma}{dt^2} = p_n \cdot F_5 \cdot l - p_0 \cdot F_4 \cdot l - b_\gamma \cdot \frac{d\gamma}{dt} - M_c;$$

$$m_c \cdot \frac{dV}{dt} = p_c \cdot F_c - p_p \cdot F_p \pm N - b_c \cdot V - T_c \cdot \operatorname{sing} V;$$

$$m_3 \cdot \frac{d^2y}{dt^2} = p_c \cdot f_3 - b_3 \cdot \frac{dy}{dt} - c_3(H_3 + y) - T_3 \cdot \operatorname{sing} \frac{dy}{dt};$$

$$m_p \cdot \frac{d^2z}{dt^2} = p_n \cdot f_p - b_p \cdot \frac{dz}{dt} - c_p \cdot f_p - T_p \cdot \operatorname{sing} \frac{dz}{dt}.$$

Рисунок 2 – Математична модель

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Конструкція секційного гідророзподільника в програмі SolidWorks

Таблиця 1 – Основні конструктивні розміри елементів робочої секції

Параметр	Одиниці вимірювання	Діапазон
Прямий рух мінеральної оливи		
d_3	м	$(12...19)\cdot10^{-3}$
K_3	м	$(15...24)\cdot10^{-3}$
Зворотній рух мінеральної оливи		
d_3	м	$(17...22)\cdot10^{-3}$
K_3	м	$(21...27)\cdot10^{-3}$

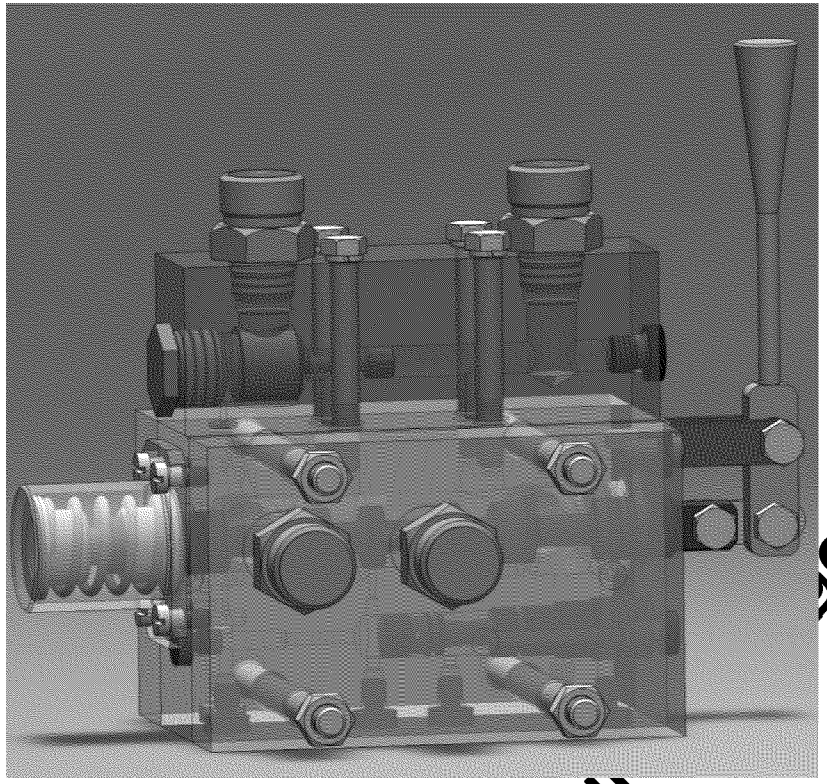


Рисунок 1 – Загальний вигляд

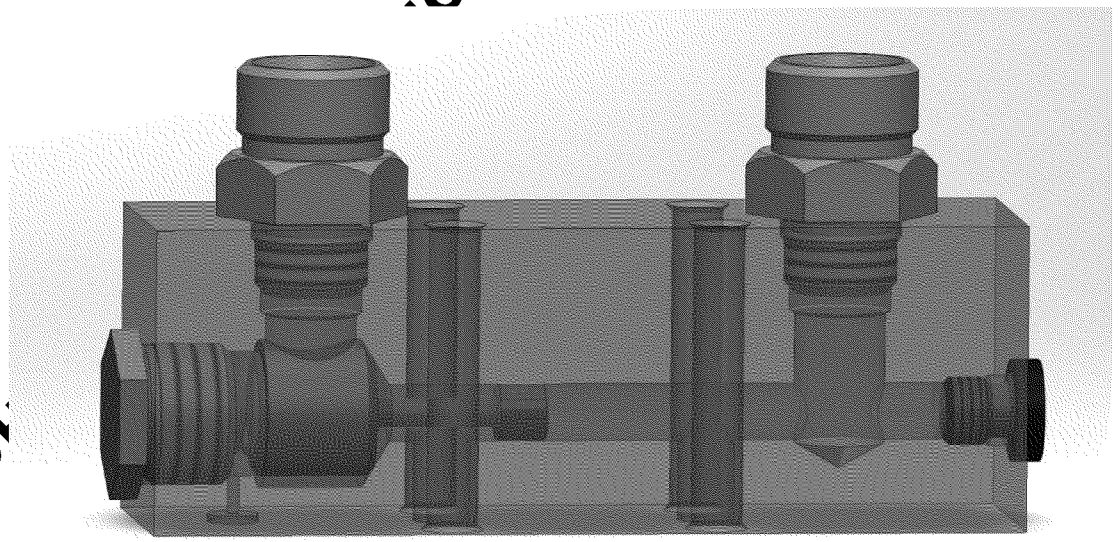


Рисунок 2 – Робоча секція гідророзподільника

Кафедра технології автом
ВНТУ

Налаштування початкових умов для імітаційного моделювання в SolidWorks Simulation

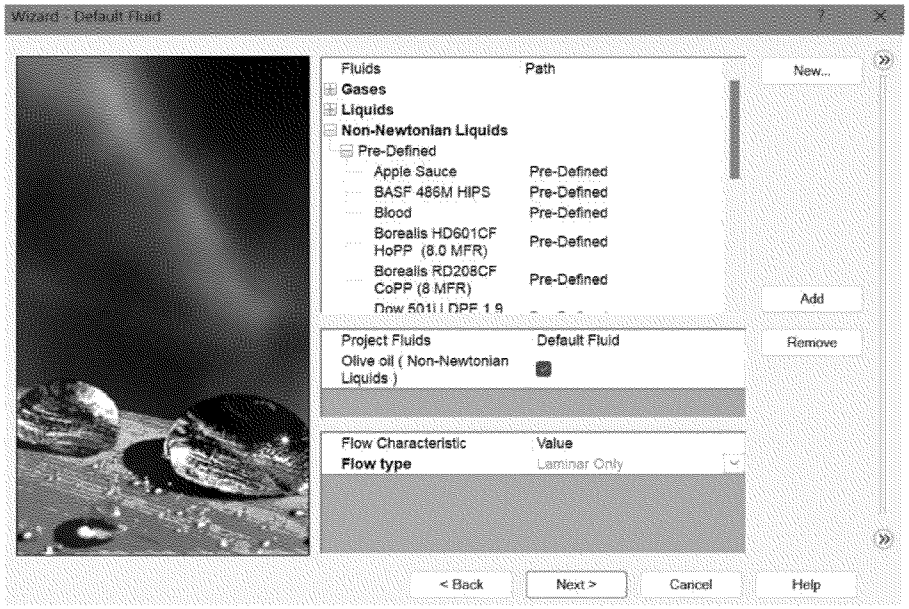


Рисунок 1 – Вибір виду робочої рідини

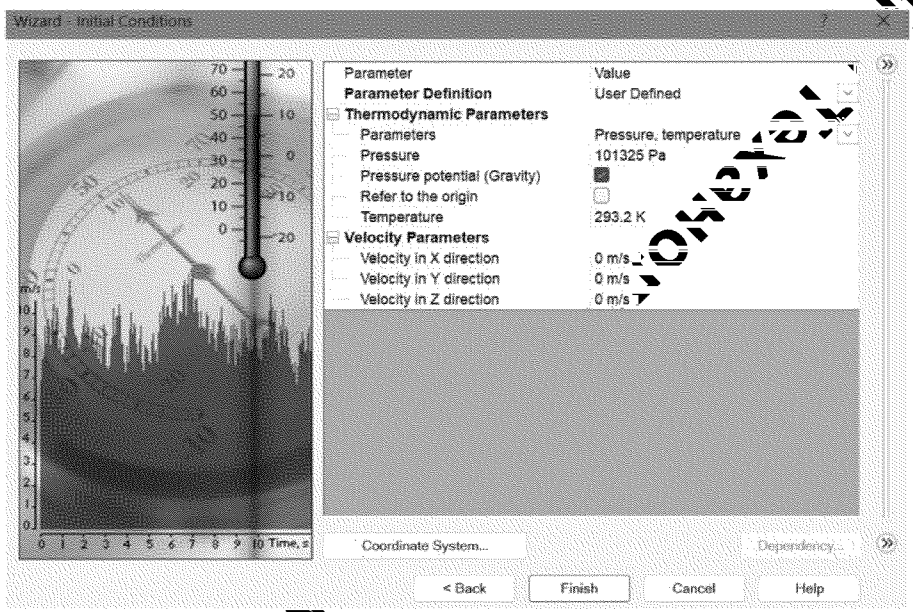


Рисунок 2 – Зовнішні умови експлуатації

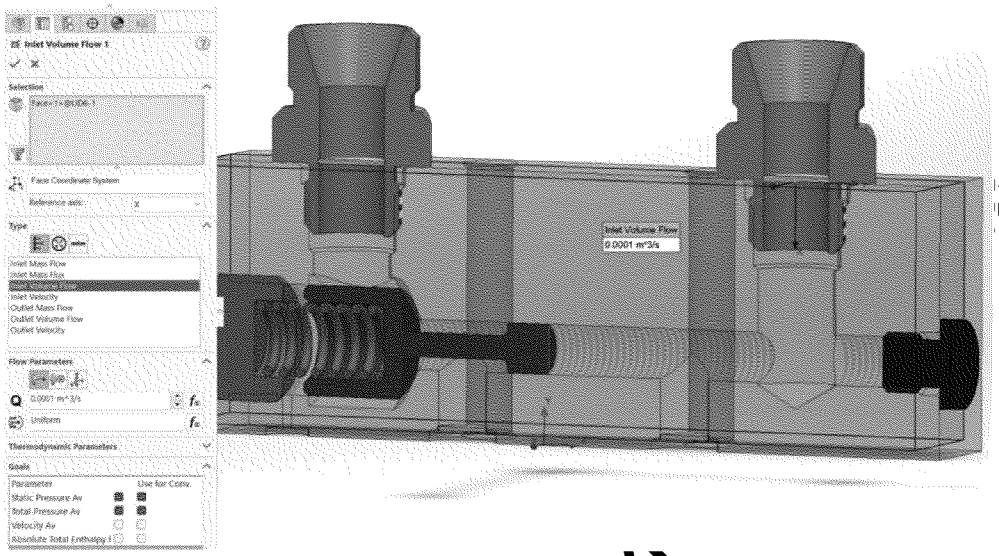


Рисунок 3 – Накладання подачі

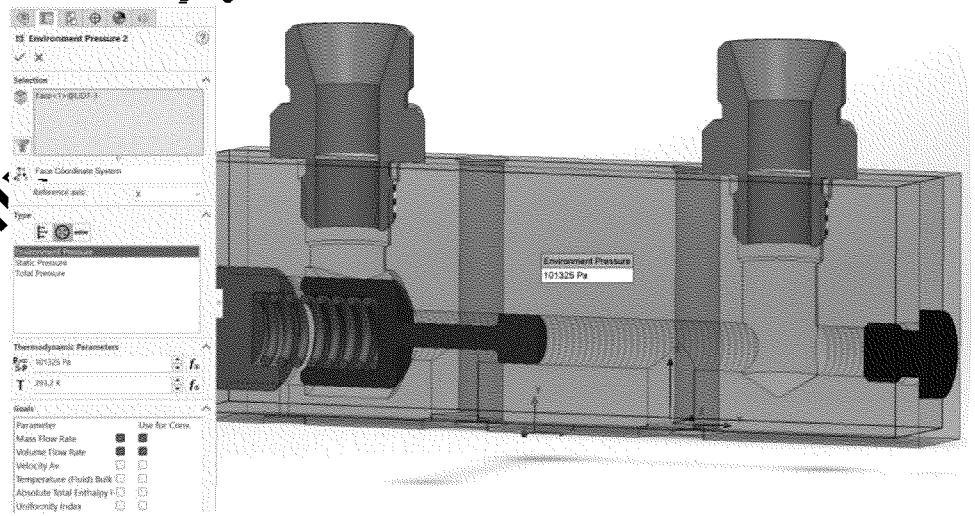
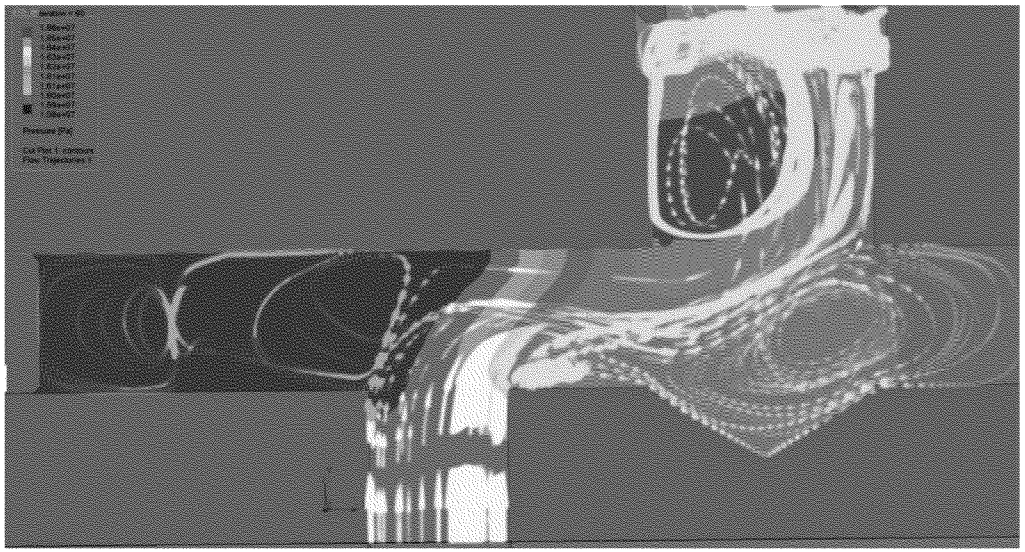
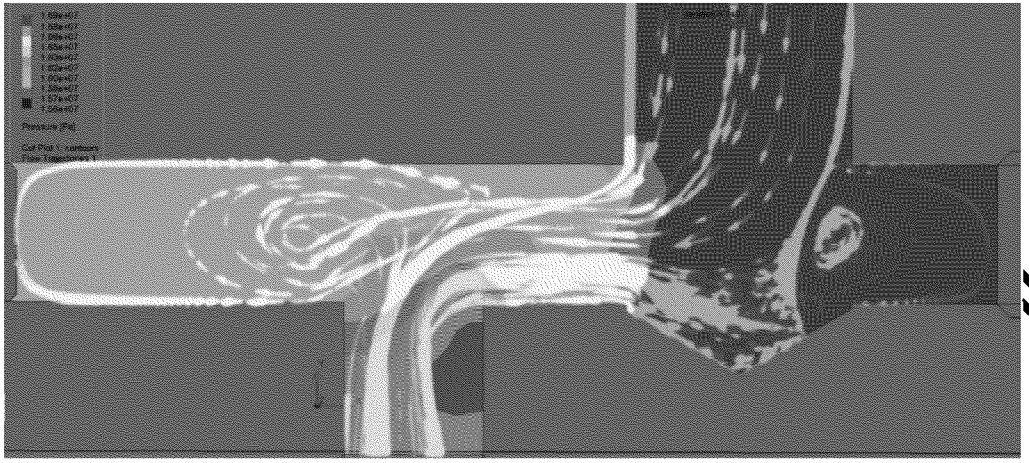


Рисунок 4 – Накладання тиску

Результат моделювання течії робочої рідини в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника» прототипу

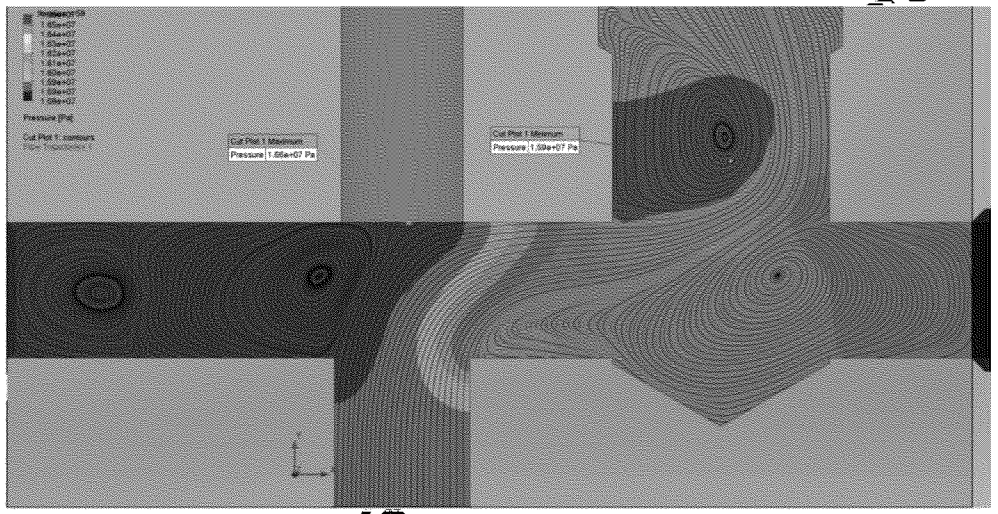


а)

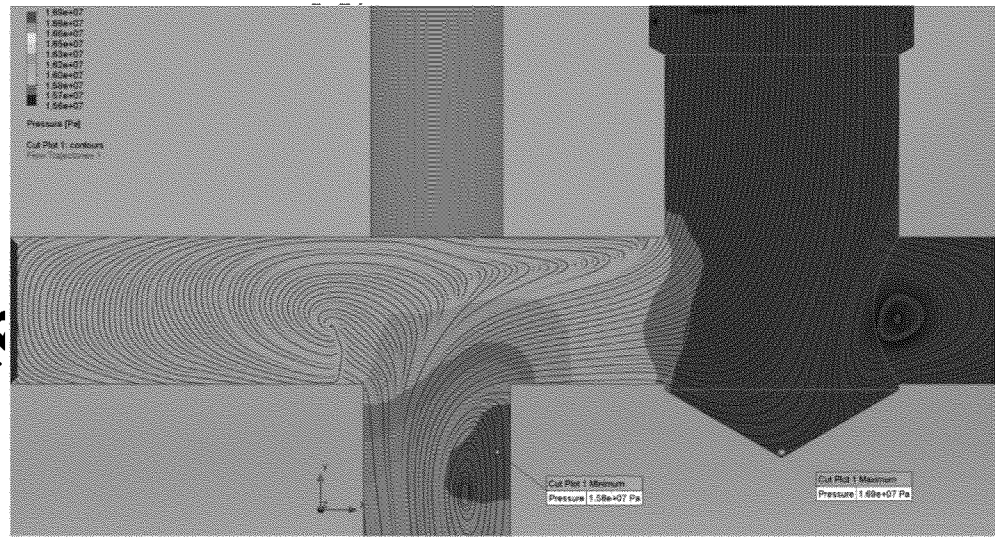


б)

Рисунок 1 – Скрін анімації течії робочої рідини



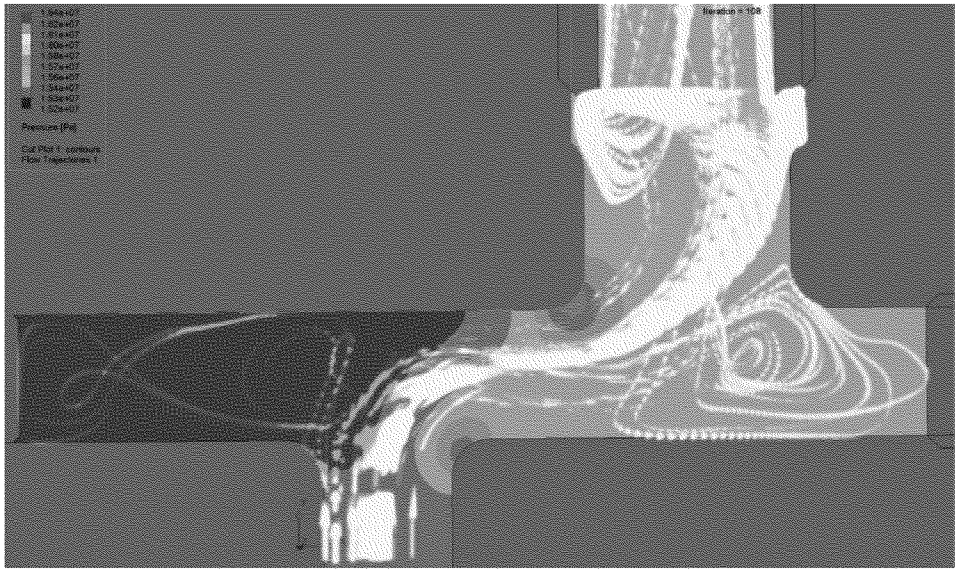
а)



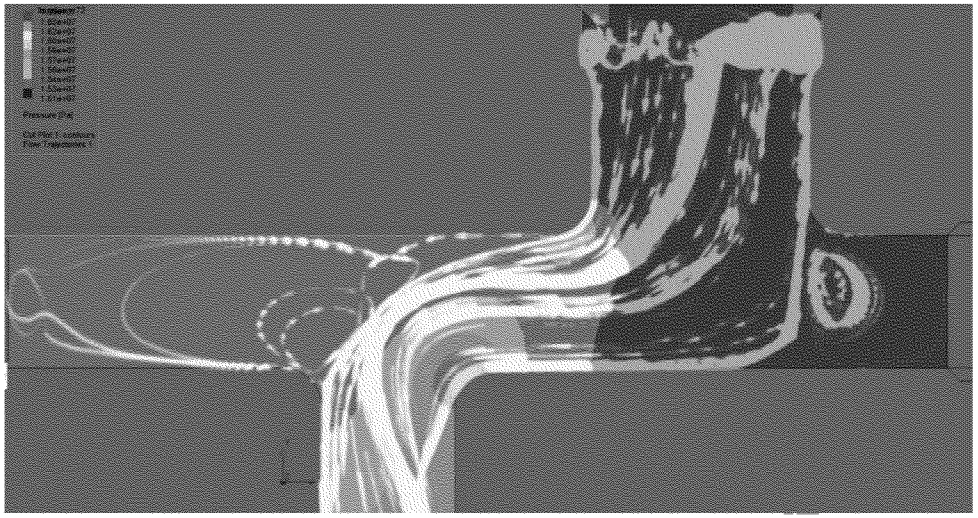
б)

Рисунок 2 – Розріз течії робочої рідини по середині каналу

Результат моделювання течії робочої рідини в каналах удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

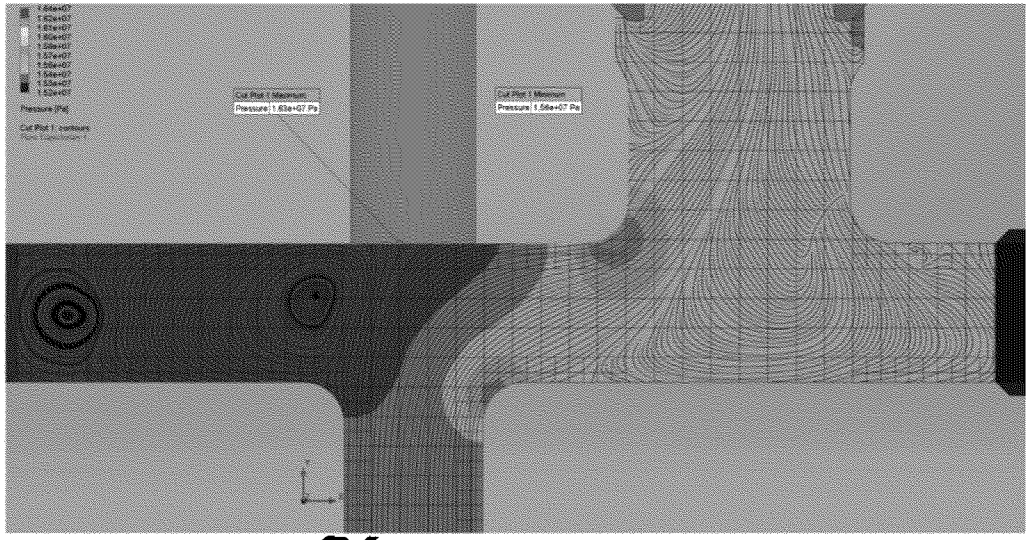


а)

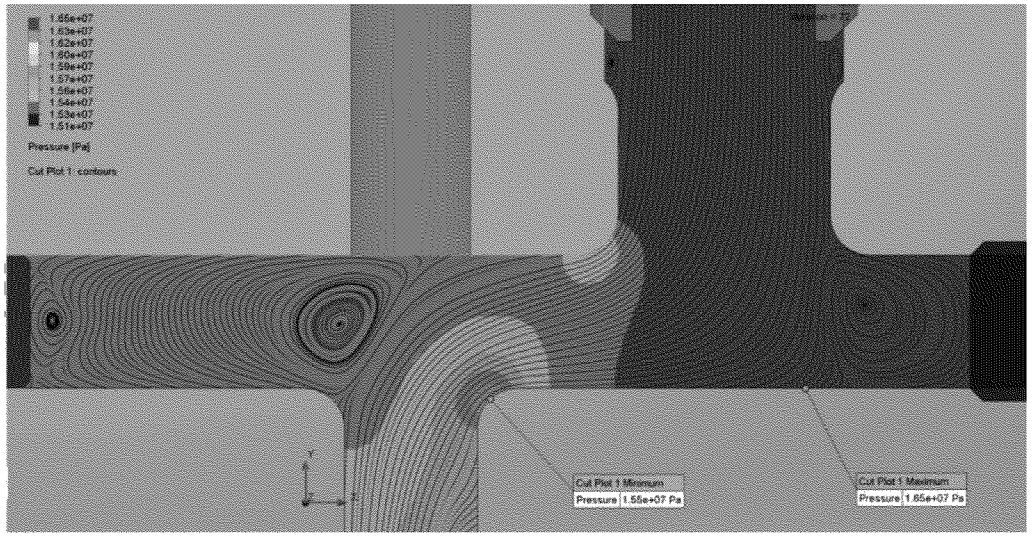


б)

Рисунок 1 – Скрін анімації течії робочої рідини



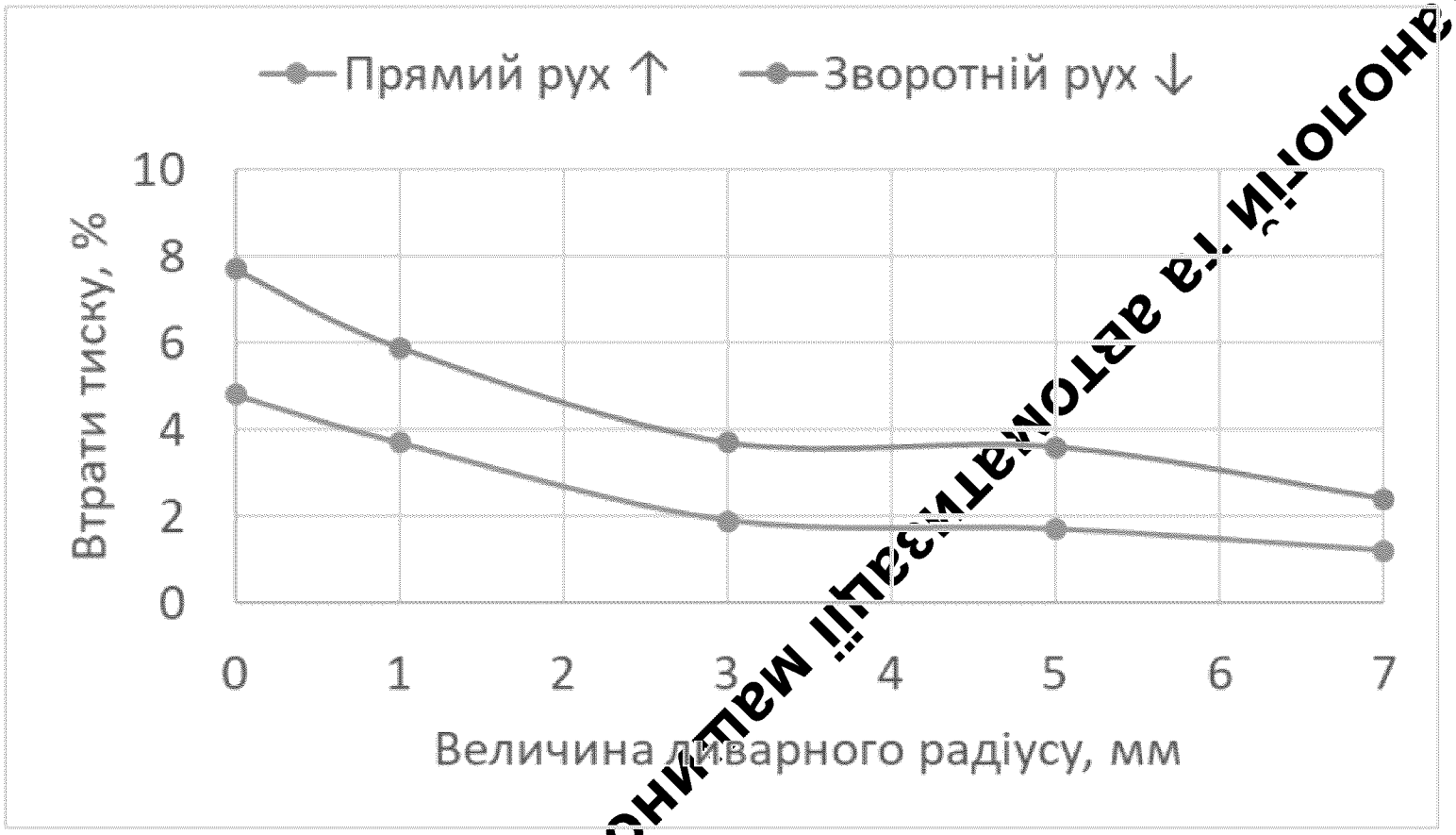
а)



б)

Рисунок 2 – Розріз течії робочої рідини по середині каналу

Залежність втрат тиску в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника» від величини скруглень ливарних радіусів



Кафедра технології та автоматизації машинобудування

Удосконалена деталь «Робоча секція гідророзподільника»

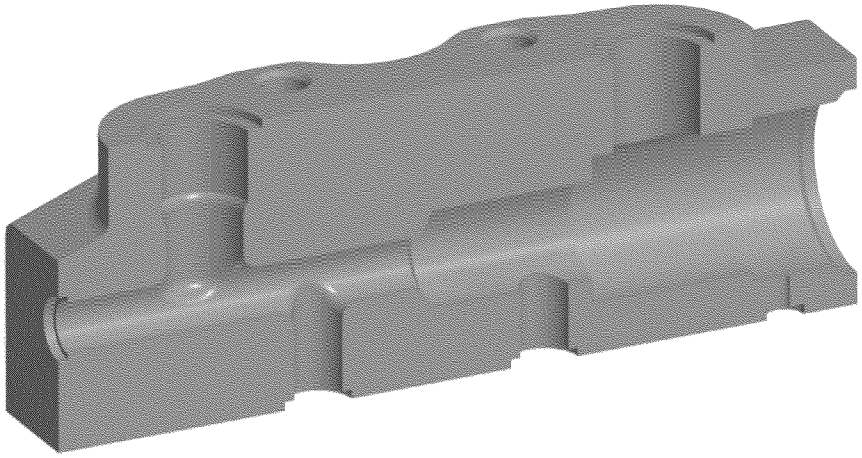


Рисунок 1 – Тривимірна модель удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

<u>Удосконалення:</u>

Зменшено місцеві втрати тиску в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника» з 7.7% до 3,7%.

Підвищено коефіцієнт використання матеріалу з 65% до 81%.

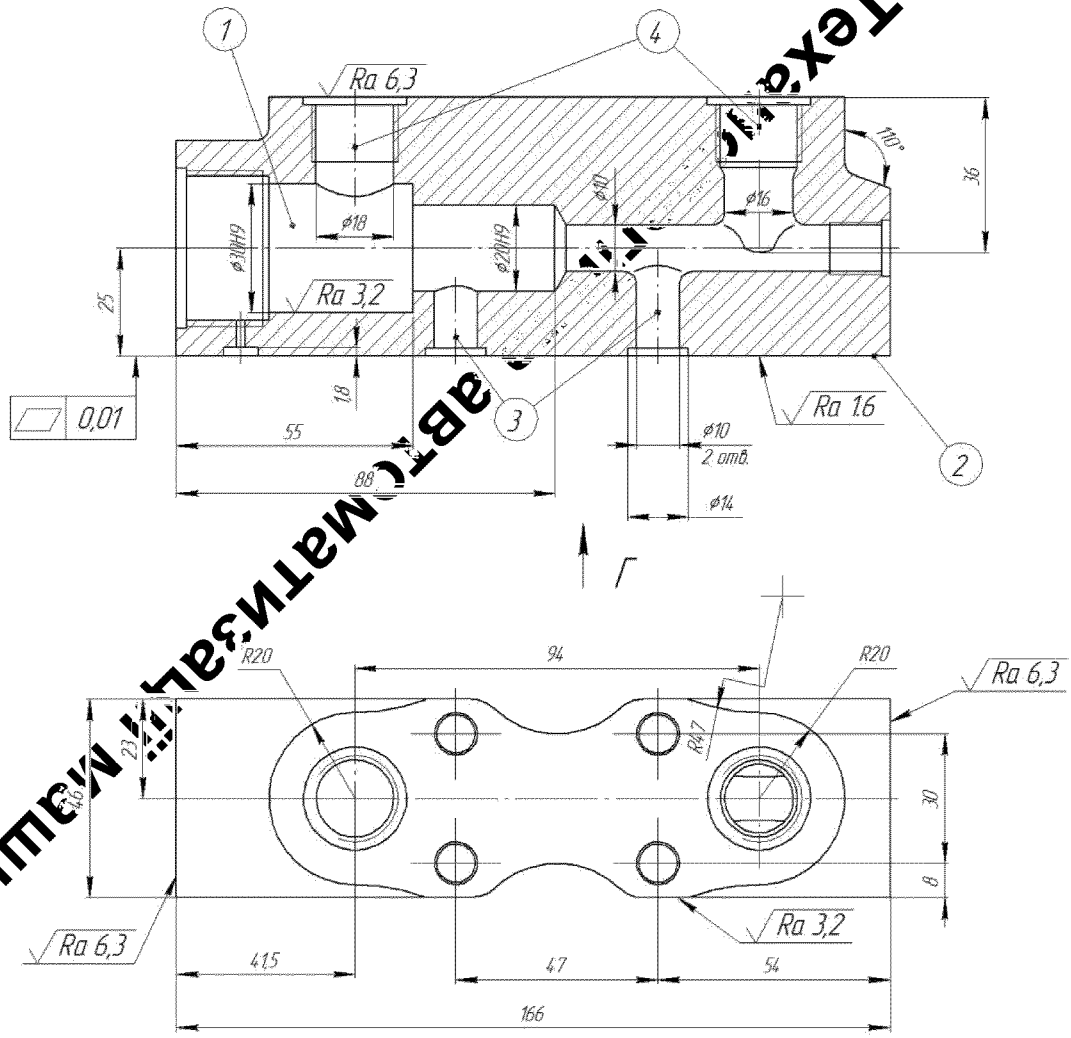
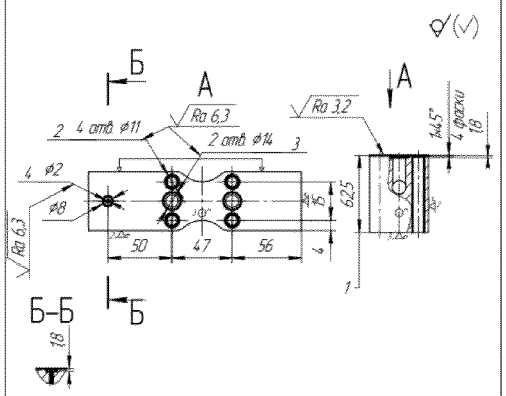
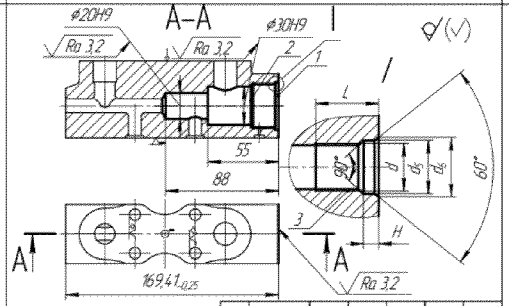
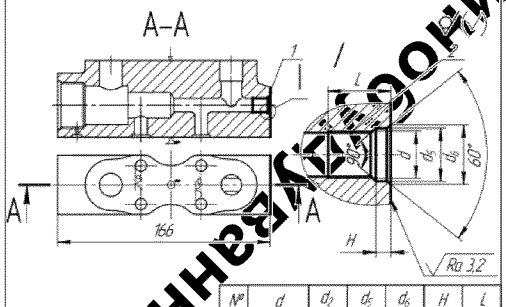


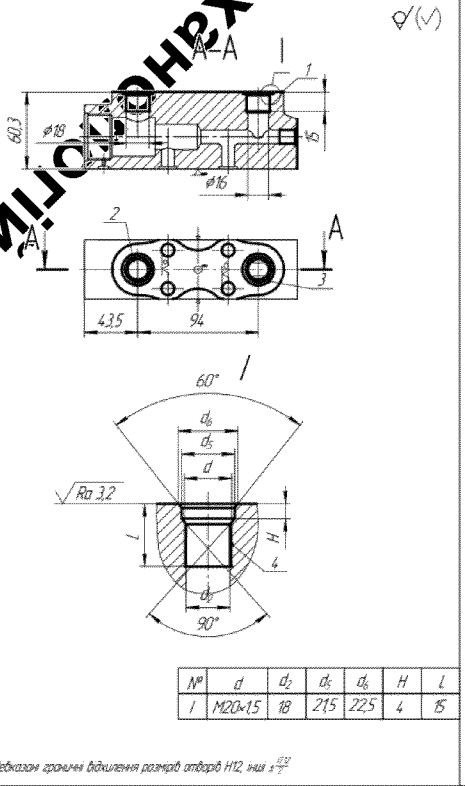
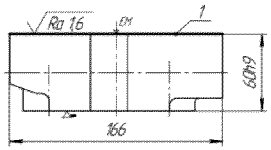
Рисунок 2 – Конструкція удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника»

Кафедра технічної автоматизації машинобудування

Маршрут механічної обробки

№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
005	**Комбінована** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо у розмір 63 мм. 3. Центрувати 4-ри отвори 2 з утворенням фаски та 2-а отвори 3. 4. Свердлити 4 отвори 2 наскрізна. 5. Цекувати 2 отвори 3 на глибину 1,8 мм. 6. Центрувати отвір 4. 7. Свердлити отвір 4 однократно на глибину 10 мм. 8. Цекувати отвір 4 на глибину 1,8 мм. 9. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 10. Зняти заготовку.	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	Вертикальний багатошпиндельний з ЧПК 1Г260МФ3
010	**Токарно-револьверна з ЧПК** **Установ 1** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1 попередньо у розмір $170,61_{-0,4}$ мм. 3. Розточити отвір 2 попередньо на глибину 85,5 мм. 4. Розточити отвір 2 попередньо на глибину 53,5 мм. 5. Точити поверхню 1 остаточно. 6. Розточити отвір 2 остаточно на глибину 88 мм у розмір ⌀20H9 мм. 7. Розточити отвір 2 остаточно на глибину 55 мм у розмір ⌀30H9 мм з утворення профіля I. 8. Нарізати різь 3. 9. Зняти заготовку.	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 1Б340Ф30
	Установ 2 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Точити поверхню 1 попередньо у розмір $167,36_{-0,16}$ мм. 3. Розсвердлити отвір 2 однократно на глибину 4 мм з утворенням фаски в 60°. 4. Точити поверхню 1 остаточно. 5. Нарізати різь 3. 6. Зняти заготовку.	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	

№	d	d_2	d_3	d_6	H	L
I	M36×2,5	32	37	38,5	4	20

№ опер	Найменування операції Зміст переходу	Схема установки деталі та ескіз обробки	Обладнання
1	2	3	4
015	**Комбінована** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати поверхню 1 попередньо у розмір 61 мм. 3. Зенкувати 2 отвори 2 і 3 з утворенням фаски на кріпильних отворах 1×45°. 4. Розточити отвори 2 і 3 по контуру вид I. 5. Нарізати різь 4. 6. Фрезерувати поверхню 1 остаточно. 7. Зняти заготовку.	 Невказані граничні відхилення розмірів отворів H12, інші $\pm\frac{IT12}{2}$	Вертикальний багатошпиндельний з ЧПК 1Г260МФ3
020	**Шліфувальна** 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхню 1 у розмір $60h9_{-0,074}$ мм. 3. Зняти заготовку.		Плоско-шліфувальний верстат 3Б722

№	d	d_2	d_3	d_6	H	L
I	M20×1,5	18	21,5	22,5	4	15

№	d	d_2	d_3	d_6	H	L
I	M12×1,5	10	12,5	13,5	4	14

Кафедра технології та автоматизації машинобудування

Висновки

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) було удосконалено конструкцію та технологічний процес обробки заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника» шляхом імітаційного моделювання, що забезпечило необхідні показники місцевих втрат тиску.

Під час роботи над першим розділом МКР було проведено аналіз конструкцій секційних гідророзподільників. Проведено огляд літературних джерел по дослідженням секційних гідророзподільників.

В другому розділі складено схему гідроприводу мобільної робочої машини на основі секційного гідророзподільника. Досліджено його розрахункову схему та математичну модель. А також знайдено основні параметри режимів роботи гідроприводу мобільної робочої машини.

В третьому розділі розглянуто алгоритм проведення імітаційного дослідження течій робочої рідини по каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника». Зроблено підбір ливарних радіусів для покращення показника місцевих втрат тиску в каналах секційного гідророзподільника. Отриманий графік залежності що, показує різницю у місцевих втратах тиску робочої рідини під час переходу від більшого діаметру каналі в менший і навпаки. Прийнято використовувати ливарні радіуси для заготовки деталі «Робоча секція гідророзподільника» більше 3 мм. Зменшення місцевих втрат тиску досягнуто від 7.7% до 3,7% в каналах деталі «Робоча секція гідророзподільника».

Удосконалено конструкцію деталі «Робоча секція гідророзподільника» шляхом зменшення не оброблюваних ділянок матеріалу. Це дозволило зменшити масу заготовки та покращити коефіцієнт використання матеріалу з 0,65 до 0,81.

Четвертому розділ МКР розроблено новий технологічний процес для обробки удосконаленої деталі «Робоча секція гідророзподільника». Він включає на 1 менше операцій, ніж в аналога, що покращує продуктивність виготовлення деталі, та зменшує її вартість.

П’ятому розділ МКР розраховано економічну доцільності виготовлення виробу в якому зазначено, що річний прибуток виробника складе більше 1009,15 тисяч грн з терміном окупності за 3,23 роки.

В шостому розділі МКР розкрито питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано всі умови праці присутні на дільниці механічної обробки, включаючи: виробничу санітарію, пожежну безпеку, освітлення, шум і т.д., а також дія іонізуючих та електромагнітних випромінювання на електронні та електричні системи.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування