

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ О.Л.Сокольський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

**на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані
технології проектування інноваційного галузевого обладнання»**

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

**на тему: «Машина для лиття під тиском з модернізацією інжекційного
механізму»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ЛП-31мп
Романчук Владислав Вікторович _____

Науковий керівник:

професор, к.т.н, Сівецький Володимир Іванович _____

Консультант з ТМ та Е _____

ст. викл. Борщик Сергій Олександрович _____

Консультант з модернізації _____

д.т.н., проф. Щербина Валерій Юрійович _____

Консультант зі стартапу _____

к.е.н., доц., доц. Юдіна Наталія Володимирівна _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Романчуку Владиславу Вікторовичу

1. Тема дисертації: «Машина для лиття під тиском з модернізацією інжекційного механізму», науковий керівник дисертації Сівецький Володимир Іванович, професор, к.т.н. затверджені наказом по університету від «08» 11 2024р. №5029-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: Машина для лиття під тиском з розглядом подальшої модернізації інжекційного механізму

4. Вихідні дані: Машина для лиття під тиском IMM-175, діаметр черв'яка $D = 0,05$ м, об'єм інжекції $V = 175$ см³, максимальна об'ємна швидкість інжекції 105 см³/с тиск інжекції 120 МПа, номінальна сила затиску 1000 кН

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Вступ; Опис машини; Технічна характеристика базового обладнання; Літературний та патентний пошук; Обґрунтування модернізації; Розрахунки; Спеціальні розділи (Монтаж і експлуатація; Стартап; Охорона праці); Розробка модернізації; Висновки; графічна частина та специфікації; Використані джерела.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1. Машина для лиття під тиском (вид загальний); 2. Механізм інжекції (вид загальний); 3. Базове сопло; 4. Сопло з елементом фільтрації (модернізоване); 5. Механізм запирання; 6. Програма для креслення базової моделі сопла для машини для лиття під тиском; 7. Тестування програми на зміну параметрів та результати; 8. Вхідні дані для розрахунку базового та модернізованого сопел; 9. Результати розрахунку базового та модернізованих сопел; 10. Базовий та модернізований гідравлічний затискний циліндр; 11. Вхідні дані та результати розрахунку важелю механізму запирання.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1. Теза на тему «Оцінка життєвого циклу тари для перенесення продуктів»; 2. Теза на тему «Модернізація сопла інжекційного механізму машини для лиття під тиском»; 3. Теза на тему «Модернізація механізму запирання машини для лиття під тиском»; 4. Теза на тему «Автоматизована система для проектування сопла інжекційного механізму»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація	Борщик С.О., ст. викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., проф.		
Стартап	Юдіна Н.В., доц., к.е.н.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ. Розробка комплексного огляду теми дисертації	28.10.2024-03.11.2024	Виконав
2	Проведення літературно-патентних досліджень	04.11.2024-10.11.2024	Виконав
3	Розроблення розрахунків, що підтверджують працездатність машини	11.11.2024-17.11.2024	Виконав
4	Розроблення розділу «Монтаж і експлуатація»	18.11.2024-24.11.2024	Виконав
5	Розроблення розділу «Стартап-Проект»	25.11.2024-01.12.2024	Виконав
6	Розроблення розділу «Охорона праці та техніка безпеки»	02.12.2024-05.12.2024	Виконав
7	Підведення висновків за час виконання роботи	06.12.2024-08.12.2024	Виконав
8	Оформлення результатів дисертації	09.12.2024	Виконав
9	Створення та підготовка презентації	10.12.2024-14.12.2024	Виконав
10	Представлення роботи до захисту	15.12.2024	Виконав

Студент

Владислав РОМАНЧУК

Науковий керівник

Володимир СІВЕЦЬКИЙ

РЕЦЕНЗІЯ
на атестаційну роботу
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»
за спеціальністю

Виконану на тему:

Студентом _____

Атестаційна робота складається з _____ сторінок текстової частини та _____ листів графічної частини.

№	Зауваження до текстової частини	Виконання
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
Зауваження до графічної частини		
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		

Тема роботи відповідає (не відповідає) затвердженій наказом темі та завданню.
Робота рекомендована (не рекомендована) до захисту.

Рецензент

РЕФЕРАТ

Створено проект магістерської дисертаційної роботи на тему «Машина для лиття під тиском з модернізацією інжекційного механізму» за освітньо-професійною програмою зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», гр. ЛП-31мр, ІХФ Романчук В. В., науковий керівник к.т.н., проф. Сівецький В.І.

Метою даного проекту є проектування машини для лиття під тиском згідно із технічним завданням, аналіз устаткування та його модернізація інжекційного механізму. Модернізація полягала у впровадженні нової конструкції сопла з елементом потрійної фільтрації та покращення гідравлічного затискного циліндру шляхом встановлення системи внутрішньої циркуляції робочої рідини.

Магістерська дисертація складається з пояснювальної записки яка має 115 сторінок та містить в собі 50 рисунків, 25 таблиць й перелік з 48 найменувань посилань. Графічна частина налічує 11 листів форматом А1.

Пояснювальна записка складається з семи розділів, а саме: «Комплексний огляд машини для лиття під тиском», «Технічна характеристика базової моделі машини для лиття під тиском», «Літературно-патентний огляд джерел інформації», «Розрахунки які підтверджують працездатність машини», «Монтаж і експлуатація», «Стартап-проект», «Охорона праці та техніка безпеки», а також містить в собі текстову частину щодо вступу, використаних джерел, висновків, наявність специфікацій та додатки до загального змісту роботи.

Також проект має проведені дослідження щодо доцільності створення стартап-проекту, розроблений монтаж і експлуатація устаткування та рекомендації під час використання машини й відповідно зазначена охорона праці і техніка безпеки з дотриманням актуальних на момент створення дисертації стандартів.

Ключові слова: МАШИНА ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ІНЖЕКЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ, МЕХАНІЗМ ЗАПИРАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, СОПЛО, СИСТЕМА ПОТРІЙНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ, ГІДРАВЛІЧНИЙ ЗАТИСКНИЙ ЦИЛІНДР, СИСТЕМА ВНУТРІШНЬОЇ ЦИРКУЛЯЦІЇ РОБОЧОЇ РІДИНИ.

ABSTRACT

The project of the master's thesis on the topic “Injection molding machine with modernization of the injection mechanism” under the educational and professional program in specialty 133 “Industrial Engineering”, gr. LP-31mp, CEF Romanchuk V. V., supervisor PhD, prof. Sivetskyi V. I.

The goal of this project is to design an injection molding machine in accordance with the technical specifications, analyze the machinery and modernize the injection mechanism. The modernization consisted of the introduction of a new nozzle design with a triple filtration element and the improvement of the hydraulic clamping cylinder by installing an internal circulation system for the working fluid.

The master's project consists of an explanatory note that has 115 pages and contains 50 figures, 25 tables and a list of 48 references. The graphic part includes 11 sheets of A1 format.

The explanatory note consists of seven sections, namely: “Comprehensive overview of the injection molding machine”, ‘Technical characteristics of the basic model of the injection molding machine’, ‘Literary and patent review of information sources’, ‘Calculations confirming the machine's performance’, ‘Installation and operation’, ‘Startup project’, ‘Occupational health and safety’, and also includes a text part on the introduction, sources used, conclusions, availability of specifications and appendices to the general content of the work.

The project also includes a study on the feasibility of creating a startup project, the installation and operation of equipment and recommendations for using the machine, and the corresponding occupational health and safety in compliance with the standards relevant at the time of the dissertation.

Keywords: INJECTION MOLDING MACHINE, INJECTION MECHANISM, LOCKING MECHANISM, MODERNIZATION, CALCULATIONS, NOZZLE, TRIPLE FILTRATION SYSTEM, HYDRAULIC CLAMPING CYLINDER, INTERNAL CIRCULATION SYSTEM OF WORKING FLUID.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

D_1 – діаметр черв'яка, м;

$D_{л1}$ – діаметр поршня гідроциліндра інжекції, м;

D_n – номінальний діаметр черв'яка, м;

e – товщина витка черв'яка, м;

F – площа деталі, м²;

$F_{y.n.}$ – площа перетину вхідного отвору центрального каналу, м²;

K – коефіцієнт, що враховує втрати та стиснення;

K_1 – коефіцієнт геометрії черв'яка;

$M_{кр}$ – крутний момент черв'яка, Н·м;

N – потужність приводу обертального руху черв'яка, кВт.

n – частота обертання черв'яка, об/с;

$P_{гд}$ – тиск у гідросистемі, МПа;

P_l – тиск лиття, МПа;

$q_{пл}$ – пластикаційна здатність, кг/год;

R – зусилля запирання форми, кН;

t – крок черв'яка, м;

V_n – об'єм інжекції за цикл, м³;

V_p – об'єм полімеру підготовленого в черв'ячному пластикаторі, м³;

$V_{в.н.}$ – обсяг інжекції, мм³;

δ – зазор між корпусом та черв'яком, м;

ρ – густина полімеру, г/см³;

ϕ – кут підйому гвинтової лінії гребня черв'яка.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. КОМПЛЕКСНИЙ ОГЛЯД МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ ..	4
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МОДЕЛІ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ	10
3. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	11
3.1 Літературно-патентний огляд.....	12
3.1.1 Літературні дослідження.....	12
3.1.2 Патентні дослідження.....	14
3.2 Обґрунтування вибору модернізацій.....	24
4. РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ МАШИНИ	25
4.1 Параметричні розрахунки.....	25
4.1.1 Розрахунок параметрів черв'яка	25
4.1.2 Розрахунок продуктивності	29
4.1.3 Розрахунок гнізд та рухливої частини прес-форми	30
4.1.4 Розрахунок ливникової системи.....	32
4.1.5 Розрахунок параметрів приводу обертового руху черв'яка	34
4.1.6 Розрахунок параметрів приводу поступового руху черв'яка.....	36
4.2 Теплові розрахунки	37
4.3 Розрахунки на міцність та жорсткість.....	40
4.3.1 Розрахунок наконечника та черв'яка на міцність	40
4.3.2 Розрахунок черв'яка на жорсткість.....	43
4.4 Розрахунки за допомогою обчислювальних систем	44
4.4.1 Розробка базової 3D моделі в системі AutoLISP	45
4.4.2 Розробка 3D моделі модернізованого сопла в системі Autodesk Inventor.....	47

					ЛПЗ1мп.167243.01-70ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Романчук В.В.			Машина для лиття під тиском з модернізацією інжекційного механізму			Літ.	Арк.	Аркушів	
Керівник		Сівецький В.І.								1	115
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.		Сокольський О.Л.									
								КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-31мп			

4.4.3 Розрахунок модернізованої моделі в системі Ansys	50
4.4.4 Розрахунок базової моделі в системі Ansys	56
4.4.5 Розрахунок важелю механізму запирання в системі Ansys....	59
4.4.6 Очікувані механіко-економічні показники	62
4.4.7 Підсумок проведених розрахунків.....	63
5. МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ	64
5.1 Технологія збирання вузла машини.....	64
5.2 Монтаж машини на фундаменті.....	66
5.3 Експлуатація машини для лиття під тиском.....	69
5.4 Висновки розділу	70
6. СТАРТАП-ПРОЕКТ	71
6.1 Ідея стартап-проекту	71
6.2 Технологічний аудит стартап-проекту	75
6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	76
6.4 Розроблення ринкової стратегії.....	89
6.5 Розроблення маркетингової програми.....	93
6.6 Висновки стартап-проекту.....	98
7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	99
7.1 Заходи захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів	99
7.2 Характеристика потенційно шкідливих та ризикованих виробничих чинників	100
7.3 Промислове освітлення.....	101
7.4 Небезпека рухомих та обертальних деталей і механізмів	102
7.5 Вібрація та шум.....	104
7.6 Повітря в робочій зоні та вентиляція.....	105
7.7 Характеристики виробництва пожежо- і вибухонебезпечності ..	106
7.8 Висновки розділу	108
ВИСНОВКИ	109
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	110
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Машина для лиття під тиском є складною й універсальною системою для виробництва складних та персоналізованих продуктів високоефективним способом. Метод інжекції, що передбачає створення спеціальних компонентів під високим тиском, дозволяє гнучко налаштовувати конкретні специфічні умови для формування матеріалів.

Незважаючи на високий рівень автоматизації, вдосконалення машин для лиття під тиском має значну актуальність у сучасній промисловості, через їхню вирішальну функцію у виробництві полімерних деталей. Оскільки полімери усюди використовуються в повсякденному житті, пропонуючи практичність, доступність і універсальність, попит на ефективні методи виробництва завжди актуальний. Ливарні машини, як основне обладнання, що використовується для виробництва деталей, є невід'ємною частиною таких галузей, як автомобілебудування, електротехніка та пакувальна промисловість.

Основною темою дослідження магістерської дисертації є інжекційний механізм машини для лиття під тиском. З подальшим його розглядом, аналізом та модернізації конкретних компонентів блоку устаткування.

В роботі буде представлено: аналітичний аналіз актуальності і стану проблеми, обґрунтування обраних основних завдань модернізації, методи вирішення проблем та його реалізація, проведення розрахунків на достовірність результатів за допомогою обчислювальних систем, співставлення з наявними результатами та висновки. Також додатково буде розглянуто питання монтажу і експлуатації, автоматичної системи керування, стартап проекту та техніка безпеки й охорони праці.

Вся здійснена робота буде супроводжуватись відповідною графічною документацією, зокрема специфікаціями креслень, текстом програми, таблицею довідкових даних та особистими досягненнями.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 КОМПЛЕКСНИЙ ОГЛЯД МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

Об'єкт дослідження. Об'єктом даного дослідження є машина для лиття під тиском, що є складною системою, яка призначена для формування матеріалів у прес-форми шляхом інжекції під високим тиском. Устаткування складається з різних компонентів, таких як: механізм інжекції, затискний блок, гідравлічна система, електричне керування й прес-форми. Кожен із зазначених елементів відіграють важливу роль у виробничому процесі. Також ключовими дослідженнями є: технологічні процеси, що відбуваються безпосередньо в інжекційному вузлі, зокрема, фази пластифікації, впорскуванн, формування; розгляд експлуатаційної ефективності; механічні процеси, такі як контроль тиску, потік матеріалу та консистенція матеріалу.

Актуальність дослідження. Вдосконалення машин для лиття під тиском має значну актуальність у сучасній промисловості, через їхню вирішальну функцію у виробництві пластикових деталей. Оскільки полімери усюди використовуються в повсякденному житті, пропонуючи практичність, доступність і універсальність, попит на ефективні методи виробництва завжди актуальний. Ливарні машини, як основне обладнання, що використовується для виробництва деталей, є невід'ємною частиною таких галузей, як автомобілебудування, електротехніка та пакувальна промисловість. Глобальне зростання виробництва автомобілів, де широко використовуються пластикові деталі, підкреслює зростаючу потребу в оптимізації технології ливарних машин.

Наприклад, у 2023 році кількість договорів купівлі-продажу автомобілів в Україні зросла на 34,3% порівняно з 2022 роком [1], а частка онлайн продажів авто серед загальної кількості комерційних угод в 2021 році становила 10,2% [2]. Збільшення попиту на автомобілі, у виробництві яких широко використовуються пластикові деталі, підкреслює необхідність оптимізації технологій виробництва таких галузей, зокрема машин для лиття під тиском.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Призначення приладу. Основне призначення машин для лиття під тиском - ефективно й точно формування потрібних компонентів, які в свою чергу користуються попитом в широкому діапазоні сучасних галузей виробництва. Автоматизуючи процес формування, конкретний пристрій значно зменшує кількість людської праці та матеріальних відходів, збільшує швидкість й ефективність виробництва. Крім того, машини для лиття під тиском надають можливість здійснювати серійне виробництво будь-яких специфічних продукцій, що робить їх критично важлими для галузей, що потребують масового виробництва високоякісних компонентів.

Складові та принцип дії. Машина для лиття під тиском виконує процес, що поділений на ряди послідовних стадій [3], кожні з яких мають важливе значення для ефективного виробництва та формування деталей. Ці завдання включають:

- подача матеріалу: сировина у вигляді гранул або гранульованого матеріалу, подається в бункер, який потім подає її до зворотно-поступального черв'яка для переробки;

- пластифікація: на цьому етапі матеріал нагрівається і розплавляється в інжекційному вузлі, де відбувається його пластифікація. Черв'як обертається, щоб надати завантаженим матеріалам однорідної структури, одночасно просуваючи його вперед до форми;

- інжекція: після того, як матеріал достатньо пластифікований, він впорскується під високим тиском у порожнину прес-форми. Точний контроль тиску і температури під час цієї фази гарантує, що матеріал повністю заповнить форму, створюючи деталь з точними розмірами;

- затискання: прес-форма надійно утримується на місці за допомогою механізму запирання, щоб витримати тиск під час лиття. Сила затискання повинна бути достатньо сильною, щоб запобігти розгерметизації форми;

- охолодження: після того, як розплавлений матеріал був введений у форму, він повинен охолонути і затвердіти.

- результат: після того, як деталь достатньо охолоне, прес-форма

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкривається, і деталь виштовхується за допомогою спеціальних механізмів. Потім деталь або перевіряється, або передається на подальшу обробку, при цьому будь-який брак або відходи можуть бути перероблені для повторного використання в процесі лиття під тиском.

Оскільки основні процеси роботи машини для лиття під тиском розглянуто, варто перейти до більш детального огляду конкретної моделі такого типу устаткування. Зазначений загальний вид машини для лиття під тиском (рис 1.1), являє собою високотехнологічним обладнанням, призначеним для виробництва точних пластикових деталей за допомогою процесу інжекції розплавленого матеріалу в прес-форму. Важливими складовими цієї машини є як механічні, так і гідравлічні системи, що забезпечують точність і стабільність роботи на кожному етапі виробництва.

Основою конструкції машини є станина 1, яка забезпечує міцну основу для всіх її компонентів. Встановлення і надійність роботи всієї машини залежить від стабільності цієї базової структури. На станині кріпляться ключові механізми, що забезпечують коректну роботу, зокрема електрообладнання 10, яке керує всіма електронними системами, сенсорами та приводами.

Початковий етап процесу включає подачу сировини в бункер 4, який забезпечує точне дозування гранульованого матеріалу і його подачу до зони пластифікації. Далі матеріал потрапляє у матеріальний циліндр 11, де відбувається його нагрівання і пластифікація. Для рівномірного нагріву і розплавлення матеріалу важливу роль відіграє теплова шафа 5, що підтримує оптимальну температуру на всіх етапах пластифікації.

Після досягнення необхідної температури та консистенції матеріал переміщується до зони інжекції за допомогою гідроциліндра інжекції 7. Цей компонент забезпечує впорскування розплавленого матеріалу під високим тиском у порожнину прес-форми. Важливим моментом є точний контроль тиску і температури, який здійснює командний апарат дозування та переміщення 8.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

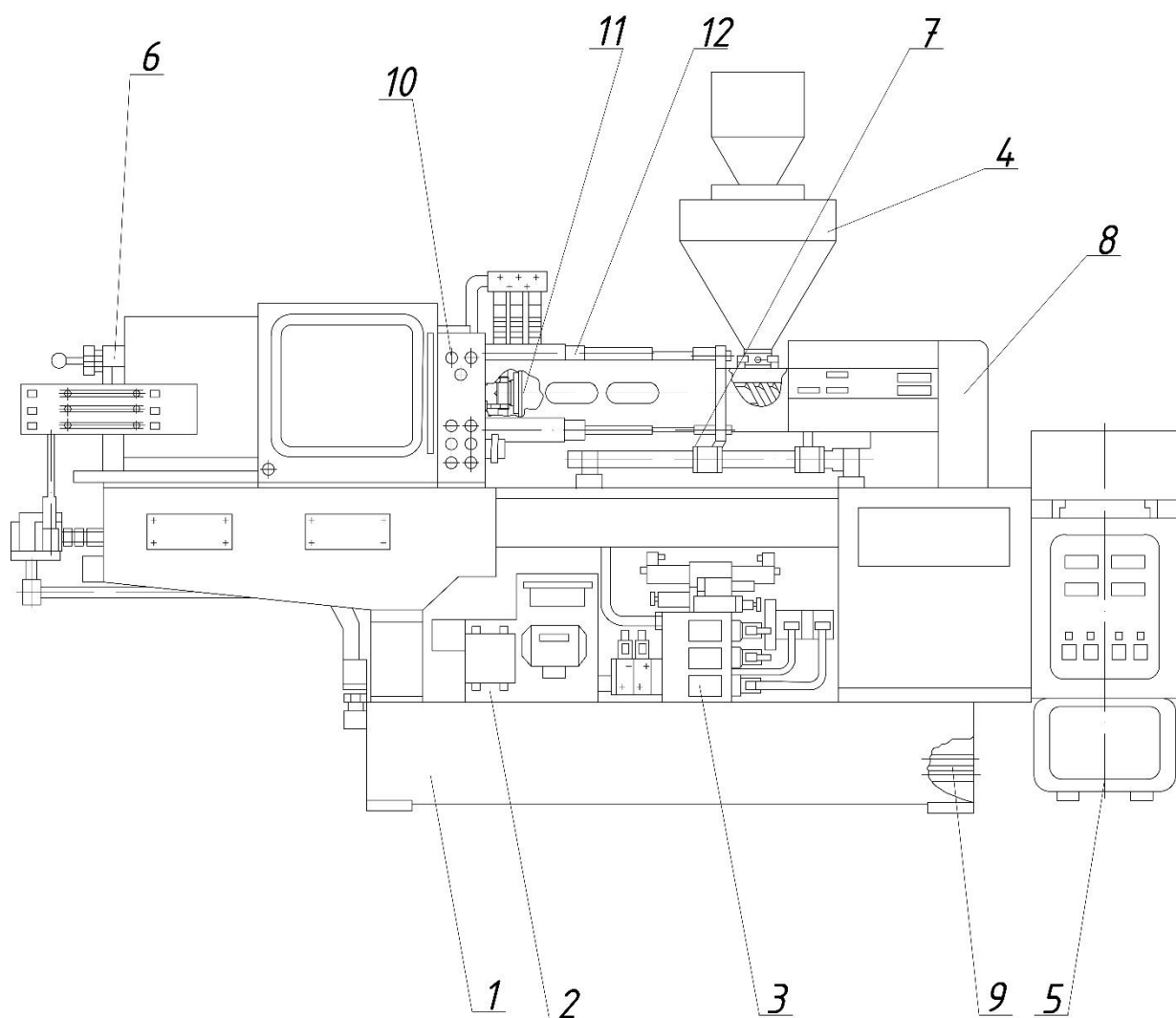


Рис. 1.1 – Загальний вигляд машини для лиття під тиском IMM-175

1 – станина; 2 – кронштейн; 3 – гідропровід; 4– бункер; 5 – тепла шафа; 6 – гідроциліндр запирання; 7 – гідроциліндр інжекції; 8 – командний апарат дозування та переміщення; 9 – маслоохолоджувач; 10 – електрообладнання; 11 – циліндр матеріальний; 12 – гідроциліндр прижиму

Щоб запобігти розгерметизації форми під впливом тиску розплавленого матеріалу, прес-форма надійно фіксується за допомогою гідроциліндра запирання 6, що створює необхідну силу затискання. Ця система зберігає герметичність форми під час інжекції, що є критично важливим для отримання якісних деталей.

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Для підтримки ефективної роботи всіх гідравлічних систем використовується гідропровід 3, через який передається робоча рідина. Маслоохолоджувач 9 підтримує стабільну температуру гідравлічного масла під час роботи машини.

Після завершення інжекції й затвердіння матеріалу, прес-форма відкривається, і за допомогою спеціальних механізмів деталь витягується. Цей етап супроводжується роботою гідроциліндра прижиму 12, який забезпечує необхідну силу для притискання рухомих частин під час виштовхування деталей.

Таким чином, дане устаткування є комплексним пристроєм, де кожен компонент, від станини 1 до гідроциліндра прижиму 12, виконує свою важливу функцію. Пов'язана система механічних, гідравлічних та електронних вузлів забезпечує точний і ефективний процес лиття під тиском, дозволяючи отримувати високоякісні вироби з мінімальними витратами енергії і матеріалу.

Порівняння з аналогічними моделями. Аналіз основних технічних характеристик, таких як діаметр черв'яка, тиск впорскування та сила затиску, дозволить виявити переваги й недоліки машини для лиття під тиском IMM-175 у контексті сучасних вимог до виробничих процесів. Розгляд цих аспектів сприятиме кращому розумінню позиціонування даного устаткування на ринку, а також її здатності задовольняти потреби виробництв у виготовленні пластикових виробів.

При порівнянні базових технічних характеристик моделі IMM-175 з Nissei FNX110III [4], основні відмінності полягають у діапазоні об'ємів інжекції, тиску лиття та зусиллі запирання. Модель IMM-175 має об'єм впорскування 175 см³, що поступається варіантам FNX110III (від 117 до 231 см³). FNX110III також переважає у максимальному тиску лиття (265 МПа проти 120 МПа у IMM-175), що робить її більш підходящою для роботи з жорсткими матеріалами, але варто зазначити, що дана можливість не завжди виправдана при роботі зі звичайними матеріалами, де надлишковий тиск не є

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

необхідним. Основна перевага моделі IMM-175 є гнучкість у роботі з формами завдяки ширшому діапазону висоти інструменту (160-320 мм проти 200-200 мм у FNX110III), що робить її більш універсальною.

Порівнюючи IMM-175 з TR-188PVC [5], IMM-175 демонструє свою перевагу в економічності та універсальності. Перевага моделі TR-188PVC полягає у більшому розмірі об'єму інжекції (до 499 см³) та вищу силу затиску (1880 кН проти 1000 кН у IMM-175), що дозволяє працювати переважно з важкими та складними формами конструкцій, що значно вплине на споживання енергії та ресурсів. Стабільність та простота IMM-175 в обслуговуванні роблять її вигідним вибором для виробництв з середніми та високими обсягами середньої складності.

Таким чином, IMM-175 є відмінним варіантом для підприємств, які потребують гнучкості у виробництві з різними прес-формами та матеріалами, при цьому зберігаючи ефективність витрат. Дане устаткування має технічний баланс між продуктивністю й витратами, дозволяючи зменшити витрати на енергоспоживання та обслуговування, що робить її привабливішим варіантом у порівнянні з FNX110III та TR-188PVC, особливо якщо підприємство не вимагає роботи з великими або складними виробами.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МОДЕЛІ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

Дана машина для лиття під тиском має наступні базові характеристики, що наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики моделі IMM-175

№	Найменування	Одиниця вимірювання	Позначення
1	Діаметр черв'яка	<i>м</i>	0,05
2	Частота обертання черв'яка	<i>об/хв</i>	0-100
3	Максимальний хід черв'яка	<i>м</i>	0,15
4	Тиск інжекції	<i>МПа</i>	120
5	Максимальний об'єм інжекції	<i>см³</i>	175
6	Максимальна об'ємна швидкість інжекції	<i>см³/с</i>	105
7	Хід рухомої плити	<i>м</i>	0,32
8	Номінальна сила затиску	<i>кН</i>	1000
9	Потужність електродвигуна двигуна	<i>кВт</i>	17-23
10	Діапазон висоти інструменту	<i>м</i>	0,16-0,32
11	Маса	<i>т</i>	3,7
12	Максимальна відстань між рухомою та не рухомою плитами	<i>м</i>	0,64

З ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

Класифікація машин для лиття під тиском ґрунтується на ряді ознак, таких як: призначення, тип матеріалу, конструкція блоку затискання, схема розташування інжекційного блоку, методи контролю процесу, а також характеристики інжекції й охолодження матеріалу. Машини для лиття під тиском можуть бути універсальними, спеціалізованими, ручними або автоматизованими залежно від призначення. Вони можуть мати різну кількість черв'яків, які відповідають за плавлення і дозування матеріалу, а також різні схеми затискання, такі як механічні або гідравлічні системи.

Залежно від типу матеріалів, що використовуються, машини можуть бути адаптовані для роботи з термопластами, термореактивними пластиками, гумою чи поліуретаном. Також варто зазначити, що конструкція інжекційного блоку може варіюватися між моноблочними і багатоблочними системами, що впливає на продуктивність та якість готової продукції. Інжекції матеріалу у форму може здійснюватися під різними тисками, а швидкість інжекції є критичним параметром, який впливає на заповнення форми та якість литва. Для забезпечення ефективності процесу охолодження використовуються різні системи, включаючи водяні та повітряні охолоджувачі, що дозволяють контролювати час охолодження та підвищують продуктивність.

Однак, незважаючи на переваги сучасних машин, існує потреба у їх модернізації для покращення продуктивності та якості виготовлених деталей. Технологічний прогрес та зростаюча конкуренція вимагають впровадження нових рішень, які дозволять оптимізувати процеси лиття під тиском. Поглиблений огляд літератури та патентів в цій сфері може допомогти виявити нові тенденції та інновації, які можуть бути адаптовані для вдосконалення існуючих машин.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

3.1 Літературно-патентний огляд

3.1.1 Літературні дослідження

Машина для лиття під тиском (рис. 3.1) IntElect 50/370 [6-7] є типовим прикладом даного виду устаткувань. Модель оснащена електричним приводом та має черв'як діаметром 25 мм для точного дозування полімеру. Вона здатна працювати з широким спектром матеріалів завдяки тиску впорскування до 1580 бар, що робить її придатною для середньосерійного виробництва. Система управління NC5 із сенсорним екраном спрощує налаштування та моніторинг виробничих процесів, забезпечуючи ефективну експлуатацію.

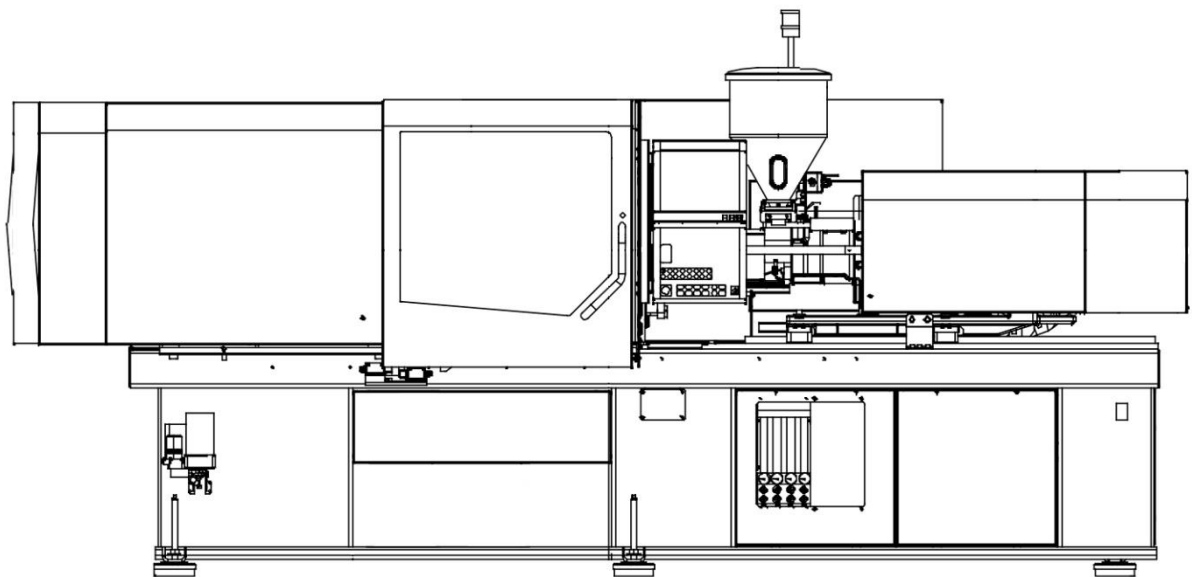


Рис 3.1 – Ливарна машина моделі IntElect 50/370-80

Однак, попри технічні переваги, інжекційний механізм машини має деякі недоліки, зокрема, при тривалому використанні може знижуватися стабільність роботи блоку через його характеристики. Така ж тенденція спостерігається в машині моделі IMM-175, що була розглянута раніше. З цього можемо зазначити, що ключовий аспект дослідження має стосуватися саме тих компонентів, що відповідають за впорскування матеріалу.

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Отже, саме інжекційний вузол потребує покращення для підвищення стабільності роботи й точності дозування. Можливе вирішення цієї проблеми - модернізація механізму інжекції.

З огляду на це, важливо звернути увагу на ключові компоненти інжекційного блоку, які безпосередньо впливають на його ефективність. Вдосконалення окремих елементів може забезпечити значні покращення в роботі всієї системи. Особливо це стосується таких частин, як сопло та механізм запирання, оскільки їх точна і стабільна робота є критичною для підтримання належної якості виробів.

В книзі [8] “Plastic Injection Molding: Manufacturing Process Fundamentals. 1st volume”. за авторством Douglas M. Bryce в розділі «The Injection Unit» наявний яскравий приклад інжекційного механізму, що послугував однією з факторів розвитку досліджень, основою яких обирали задля тлумачення та визначення важливих компонентів інжекційного механізму, а саме сопла та механізму запирання.

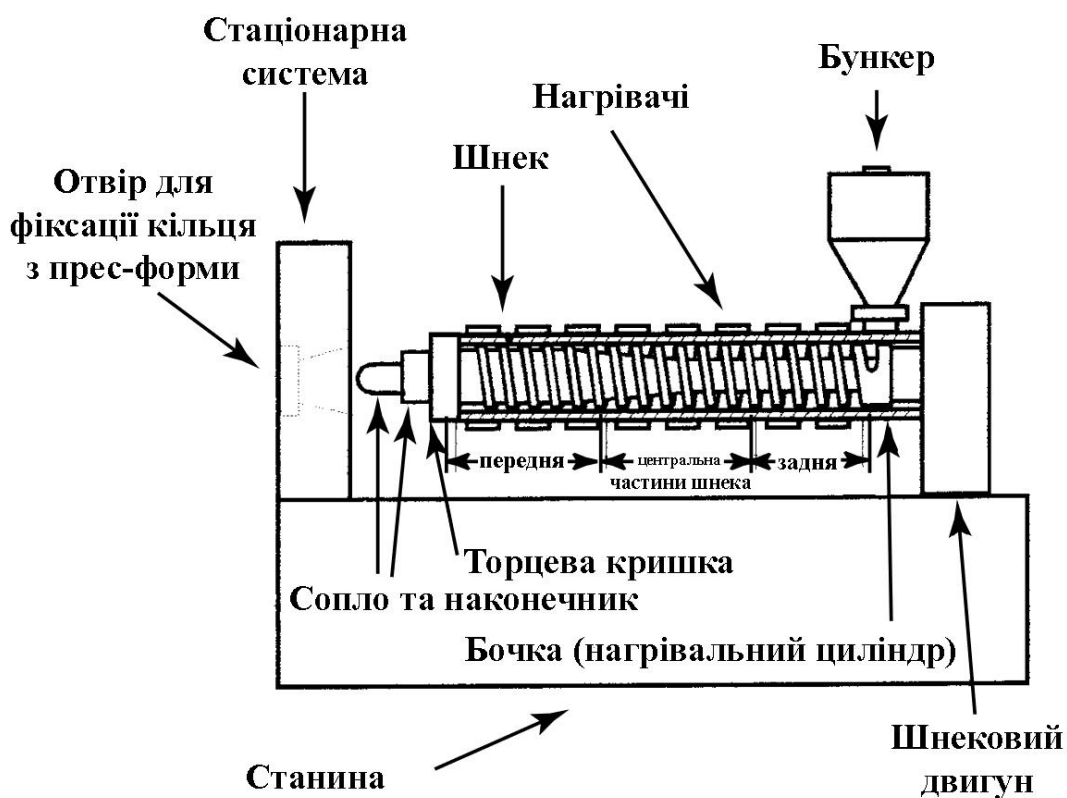


Рис. 3.2 - Компоненти інжекційного механізму

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Цей розділ присвячений аналізу компонентів інжекційного механізму (рис. 3.2), таких як сопло та механізм запирання.

Виходячи з аналізу даних із різних джерел та з проаналізованих вищезазначених включно, можна стверджувати, що інжекційний механізм є ключовим компонентом процесу лиття під тиском, оскільки саме він відповідає за переміщення розплавленого матеріалу у прес-форму. Варто розглянути детально не лише його конструкцію, але й методи розрахунку параметрів, які дозволяють оптимізувати процес. Окрему увагу необхідно приділити різним типам сопел, їх конструктивним особливостям та функціональним призначенням для роботи з різними видами пластмас.

Додаткову увагу необхідно також приділити механізму запирання, оскільки він забезпечує герметичне закриття прес-форми під час інжекції [9]. Визначення оптимальної сили затискання повинно ґрунтуватися на площі проєкції деталі та її матеріальних властивостях. Надмірна або недостатня сила затискання може викликати серйозні проблеми не лише спотворенням готової продукції, а й пошкодженням прес-форми або викривлення робочих поверхонь машини, що негативно позначиться на якості процесу та стані обладнання.

З цього можемо зробити підсумок, що подальші дослідження не лише загальної структури машини для лиття під тиском, а й модернізації інжекційного механізму та механізму запирання, може значно підвищити продуктивність обладнання, знизити енерговитрати та покращити точність формування деталей, що є критично важливим для розвитку цієї галузі.

3.1.2 Патентні дослідження

Для подальшого вибору модернізації з ідеєю вдосконалення були переглянуті та використані наступні пошукові бази даних, за рахунок яких й відбувався огляд: ukrpatent.org, iprop-ua.com, espacenet.com, patentscope.wipo.in та uapatents.com.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Конструктивне рішення [10] стосується інжекційного пристрою для машин лиття під тиском, що має розділені структури для інжекції та випуску. Основна потреба цього винаходу полягає в усуненні проблем, пов'язаних із складною структурою традиційних інжекційних пристроїв, високим енергоспоживанням, інерційністю та ускладненим обслуговуванням. Сучасні машини лиття під тиском часто мають проблеми в інжекційній частині, що негативно впливає на якість продукції, швидкість реакції та термін служби обладнання. Запропоноване рішення спрощує конструкцію, знижує витрати на обслуговування та підвищує продуктивність.

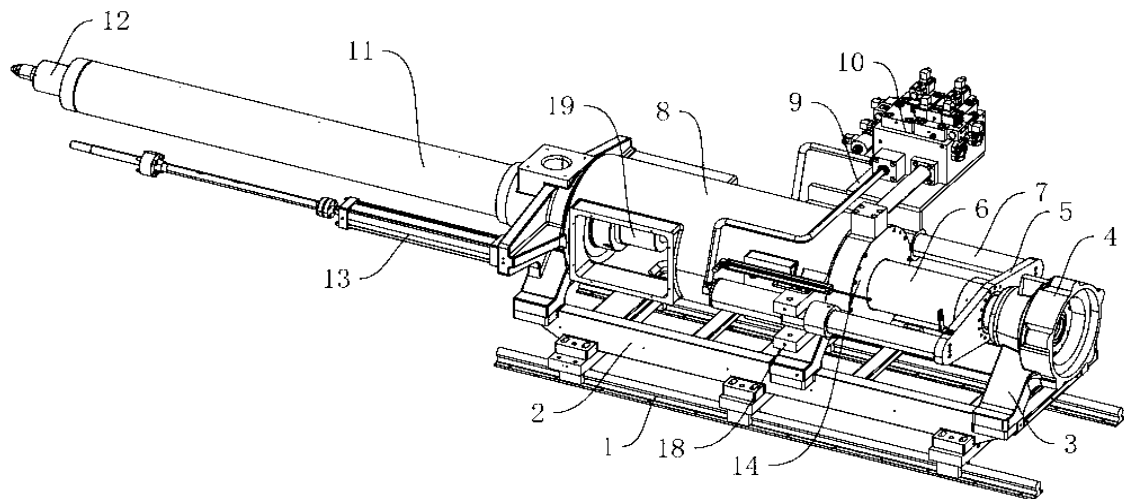


Рис. 3.3 - Інкєкційний пристрій з розділеними структурами для інжекції
 1 – основа столу; 2 – висувний стіл; 3 – опорна основа; 4 – блок приводного двигуна; 5 – рама; 6 – втулка шарнірної труби; 7 – циліндр ослаблення та відведення лещат; 8 – основа головної втулки труби; 9 – опорна рама; 10 – гідравлічна система; 11 – шток; 12 – наконечник; 13 – телескопічний циліндр; 15 – втулка внутрішньої труби; 16 – вал підшипника; 17 – масляна трубка; 18 – зачеплення; 19 – втулка підшипника

Інкєкційний пристрій складається з ковзної платформи для інжекції, основного інжекційного циліндра, допоміжних випускних циліндрів, гідравлічної системи та рамки. Розділення інжекційної та випускної функцій зменшує складність механізму та підвищує його надійність. Процес роботи

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

передбачає, що під час інжекції матеріалу, основний інжекційний циліндр виконує ковзний рух платформи, синхронізуючи роботу допоміжних циліндрів. Це дозволяє контролювати інжекції пластмаси та мінімізувати інерційність системи, а гідравлічна система забезпечує додаткову стабільність і точність операцій.

Серед переваг цього патенту: спрощена конструкція, що зменшує кількість частин, які потребують обслуговування, зниження енергоспоживання та підвищена надійність, що призводить до тривалішого терміну служби машини. Також зростає швидкість реакції системи завдяки зменшенню складності механізму. Однак можуть виникнути труднощі з налаштуванням нової конструкції, а також необхідність додаткового контролю за синхронізацією роботи циліндрів.

Основною метою патенту [11] є покращення процесу фільтрації розплавленого матеріалу в машинах для лиття під тиском, що дозволяє зменшити час циклу та підвищити якість готових виробів. Існуючі фільтри часто створюють додатковий опір потоку, що збільшує час циклу, а також є складними в очищенні та обслуговуванні. Запропонований винахід вирішує цю проблему, забезпечуючи ефективну фільтрацію розплавленого матеріалу без значного збільшення часу циклу, а також легкість очищення і обслуговування.

Ключові елементи нового фільтра включають кільцевий фільтр, який затримує забруднення, та напрямну, що регулює потік розплавленого матеріалу залежно від фази циклу. У процесі роботи під час інжекції розплавлена рідина проходить через фільтр, а в фазі декомпресії фільтр зміщується, дозволяючи обійти його, що скорочує загальний час циклу. Переваги цієї конструкції включають ефективну фільтрацію, швидку декомпресію, легке очищення та модульність, що спрощує установку на інжекційне сопло.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

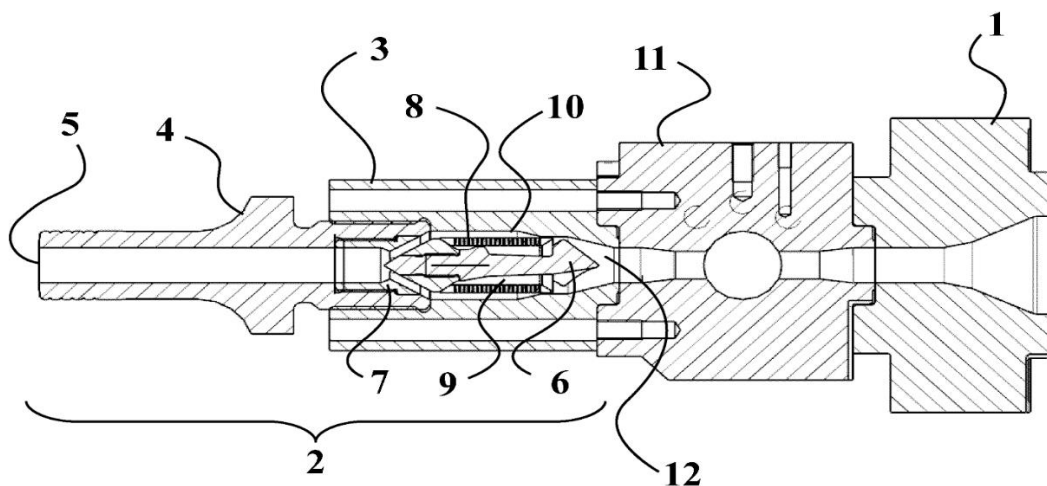


Рис. 3.4- Інжекційний вузол з покращеною системою фільтрації

1 – головка екструдера; 2 – інжекційне сопло; 3 – корпус; 4 – знімний наконечник; 5 – інжекційний отвір; 6 – направляючу розплаву; 7 – опора; 8 – кільцевий фільтр; 9 – циліндрична секція; 10 – кільцева секція; 11 – запірний клапан; 12 – канал розплаву

Серед основних переваг нового механізму — вища якість готових виробів, збільшення продуктивності та зменшення зносу обладнання. Однак, наявність додаткових елементів ускладнює конструкцію, а при сильному забрудненні фільтр може забиватися, що потребує додаткового часу на очищення.

Під час процесу інжекції в моменті перемикання між різними матеріалами, дана процедура часто призводить до забруднення кінцевої продукції, коли залишки матеріалу в соплі змішуються зі щойно введеним пластиком. Це призводить до непослідовності кольорів й зменшення якості продукції. Патент [12] представляє конструкцію сопла, яка вирішує цю проблему шляхом встановлення механізму вивантаження залишкового матеріалу. Система використовує контрольний стрижень і гайку для відкриття каналів, що дозволяє залишкам пластику витікати перед зміною матеріалів, забезпечуючи тим самим чистоту матеріалу і покращуючи якість виробів.

Впровадивши функцію вивантаження залишків матеріалу в стандартні сопла, виробники можуть не тільки вирішити проблеми забруднень кінцевої продукції, а й підготувати своє обладнання до роботи у високотехнологічних галузях, де точність і цілісність матеріалу є ключовими факторами. Однак конструкція є досі складною, оскільки містить додаткові компоненти, якщо порівнювати зі звичайними конструкціями сопел. Ці елементи можуть вимагати кваліфікованого монтажу.

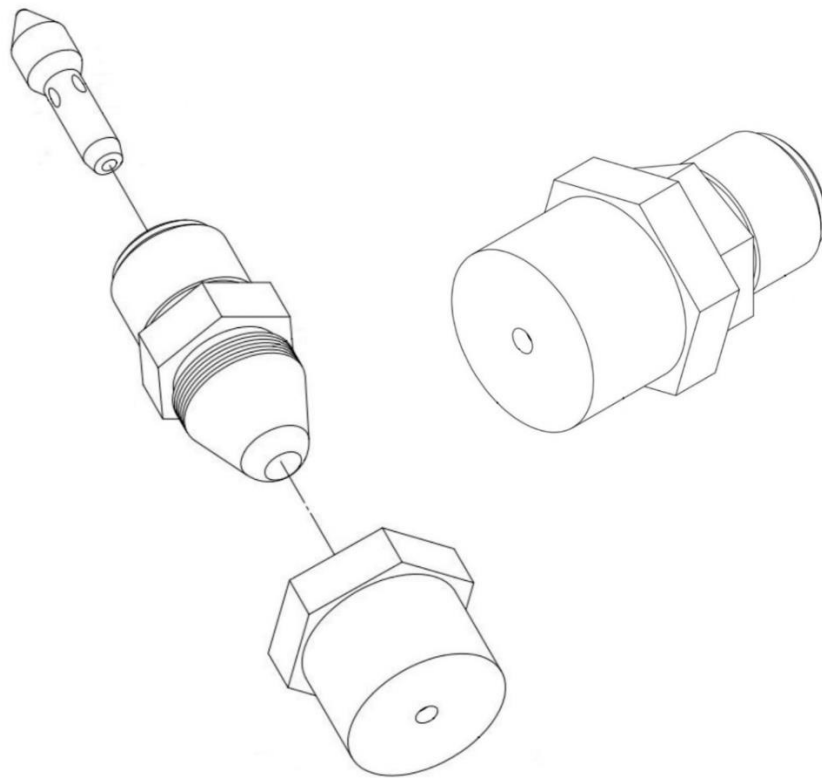


Рис 3.5 – Структура сопла машини для лиття під тиском

Враховуючи все вище сказане, можна зазначити, що ця конструкція особливо корисна для галузей, які потребують частої заміни матеріалів, наприклад, автомобільна промисловість або виробництво пластмасових виробів на замовлення. У порівнянні з сучасними конструкціями сопел, які в основному зосереджені на впорскуванні пластику без урахування залишків матеріалу, це конструктивне рішення пропонує значне покращення для тих галузей, які мають справу з багатокомпонентним литтям.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Корисна модель [13] представляє вдосконалену конструкцію сопла для машин для лиття під тиском, спрямовану на покращення фільтрації та змішування пластмаси. Ця запатентована конструкція усуває недоліки, які часто притаманні базовим моделям сопел, зокрема недостатню фільтрацію та нерівномірне змішування, що призводить до дефектів продукції, зменшення якості та чистоти розплаву.

У порівнянні з базовими сучасними конструкціями сопел, які зазвичай відрізняються простотою і економічністю, ця запатентована конструкція сопла представляє явну потребу в модернізації для конкретних застосувань з високими вимогами. Традиційним соплам часто не вистачає розширених можливостей фільтрації та змішування, що призводить до зниження чистоти матеріалу і нестабільної якості розплаву, особливо для високопродуктивних або крихких продуктів. Цей патент усуває ці недоліки, впроваджуючи систему потрійної фільтрації, яка значно покращує видалення домішок і змішування пластику, покращуючи консистенцію продукту. Також базові сопла можуть мати проблеми з регулюванням потоку, оскільки їм часто бракує механізмів для ефективного керування та прискорення потоку пластику. Вузький зазор між напрямним конусом і прямою камерою в цьому патенті оптимізує швидкість потоку, що має вирішальне значення для скорочення часу циклу і підвищення ефективності виробництва.

Процес роботи цієї конструкції розпочинається з проходження розплавленого матеріалу через задню насадку 10, яка допомагає забезпечити рівномірність потоку перед подачею у фільтраційну систему. Використання зовнішньої різьби 9 та кріпильного паза 7 дозволяє надійно зафіксувати сопло в інжекційному механізмі, а також легко обслуговувати його, здійснюючи заміну чи очищення окремих компонентів. Далі матеріал проходить через насадку серцевини фільтра 8, де розпочинається процес очищення.

Після цього матеріал потрапляє у фільтрувальну камеру 3, де система потрійної фільтрації з входною канавкою 4, кільцевою канавкою 5 та вихідною канавкою 6 ефективно уловлює домішки та покращує однорідність

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розплаву. Особливо важливу роль у цьому процесі відіграє кільцева канавка 5, яка забезпечує додаткове очищення та рівномірне змішування матеріалу, що підвищує якість кінцевого продукту.

Завершальним етапом є проходження матеріалу через напрямний конус 2, який концентрує та прискорює потік для подачі його в передню насадку 1. Це забезпечує плавну екструзію матеріалу в прес-форму, мінімізуючи можливість утворення вузьких місць та забезпечуючи стабільність потоку. Завдяки вузькому зазору між напрямним конусом 2 і напрямною камерою досягається оптимізація швидкості потоку, що сприяє зменшенню часу виробничого циклу.

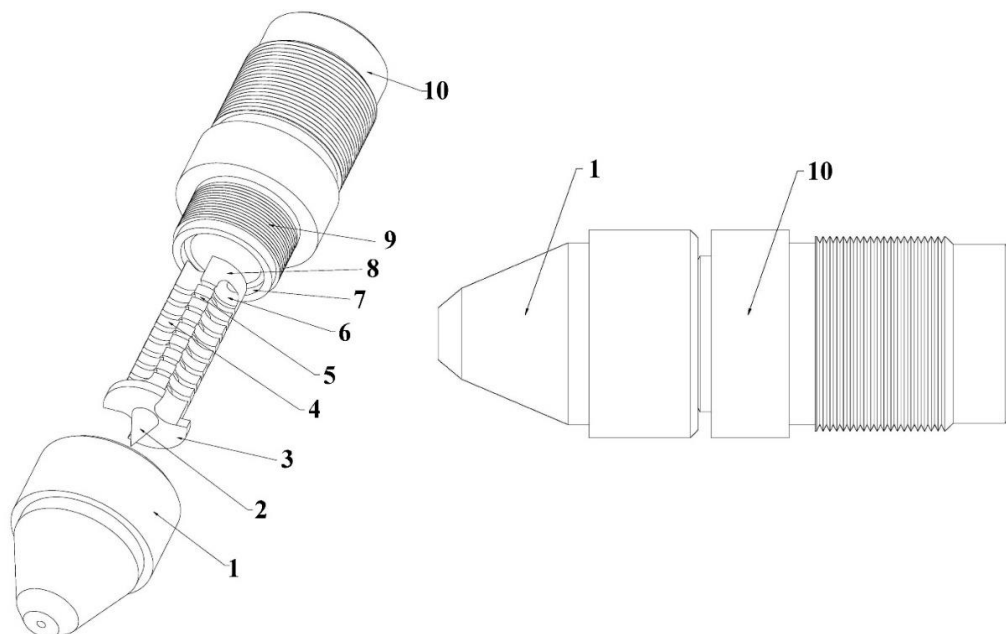


Рис 3.6 – Структура сопла машини для лиття під тиском

1 – передня насадка; 2 – напрямний конус; 3 – фільтрувальна камера; 4 – вхідна канавка; 5 – кільцева; 6 – вихідна канавка; 7 – кріпильний паз; 8 – насадка серцевини фільтра; 9 – зовнішня різьба; 10 – задня насадка

Таким чином, таке конструктивне рішення забезпечує високий рівень очищення, рівномірне змішування матеріалу та підвищення ефективності виробництва, що дозволяє отримувати стабільну якість кінцевих виробів для застосувань з високими вимогами до точності та однорідності матеріалу.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Конструктивне рішення [14] стосується вдосконаленої блокуючої конструкції прес-форми для машини лиття під тиском, що дозволяє забезпечити більш точну та стабільну фіксацію форми, підвищуючи якість лиття та продовжуючи термін служби обладнання. Основною проблемою, яку вирішує цей винахід, є нестабільність сили затиску та знос існуючих механізмів, що призводить до дефектів виробів і частих поломок. Завдяки новому механізму затиску, що включає лінійний привод, систему шатунів і компоненти виявлення положення, забезпечується висока точність фіксації та стабільність сили затиску протягом усього процесу лиття.

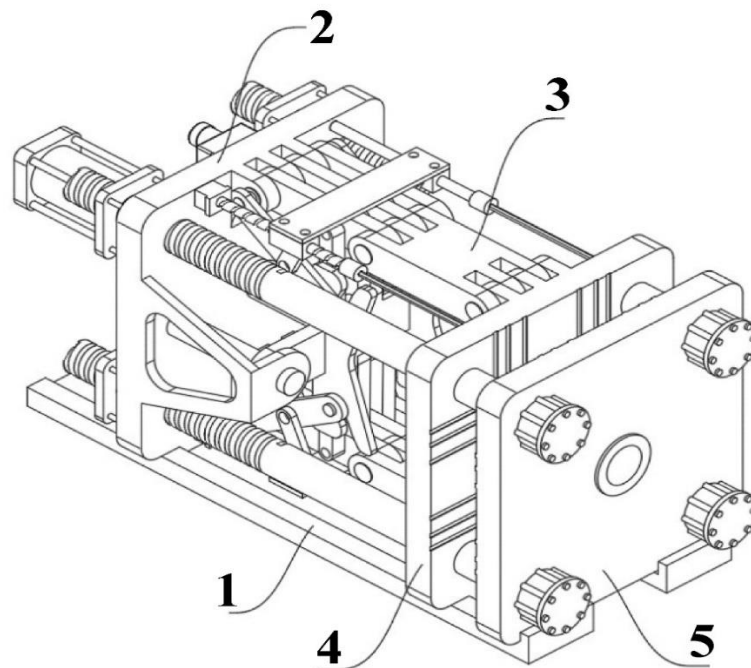


Рисунок 3.7 – Затискний пристрій з прямим приводом

1 – рейка; 2 - хвостова пластина; 3 - з'єднувальний механізм; 4 - друга пластина; 5 - головна пластина

Механізм працює наступним чином: лінійний привод приводить у рух ведучу пластину, яка через шатуни рухає другу пластину до головної, забезпечуючи затискання форми. Система виявлення визначає положення шатунів і контролює силу затиску, фіксуючи ведучу пластину для

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

стабільності. Якщо положення або сила затиску відхиляються від заданих параметрів, механізм регулювання автоматично коригує їх для досягнення оптимальних умов. Ключовими особливостями є точне визначення положення, стабільність затиску та можливість регулювання під різні форми, що забезпечує надійність та ефективність конструкції.

До переваг цього патенту належать висока точність затиску, стабільність сили затиску, що знижує ризик пошкодження виробів, збільшення терміну служби обладнання завдяки рівномірному розподілу навантаження, а також можливість автоматизації процесу. Недоліки полягають у більш складній конструкції порівняно з традиційними механізмами та підвищеній вартості через додаткові компоненти. Загалом, цей патент пропонує значне вдосконалення технології лиття під тиском, що може знайти застосування в різних галузях промисловості, підвищуючи продуктивність та знижуючи виробничі витрати.

Корисна модель [15] являє собою вдосконалення механізму запирання, з модернізацією системи внутрішньої циркуляції мастила. Запропоноване технічне рішення дозволяє усунути такі недоліки, як: нерівномірний розподіл зусиль, неефективне використання гідравлічного мастила та передчасний знос деталей через нерівномірні навантаження.

Механізм складається із затискного циліндра 1, що працює разом із нерухомою платформою 2 і ковзним блоком 3, який рухається по напрямній рейці 4. Усередині затискного циліндра 1 розташовані робочі порожнина 5 та 7, які розділені сердечником клапана 6, розташованим всередині клапана 10.

Центральний отвір 8 і мастилопровід 9 забезпечують регульовану подачу гідравлічного мастила, що дозволяє точно контролювати процеси затиску й розтискання. Коли гідравлічна рідина подається через центральний отвір 8, сердечник клапана 6 зміщується, дозволяючи робочій порожнині 7 заповнюватися. Цей механізм внутрішньої циркуляції не тільки забезпечує постійний тиск, але й зменшує втрати енергії та знос. Під час роботи

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

гідравлічна рідина направляється через мастилопровід 9 в певні порожнини, залежно від того, чи машина затискає або відпускає прес-форму.

Клапан 10 діє як важливий регулятор, забезпечуючи відповідну ізоляцію або з'єднання порожнин за необхідності. Таке ефективне управління гідравлічним мастилом усуває необхідність у надмірному зовнішньому впливі, роблячи систему енергоефективною та екологічно чистою. Напрямна рейка 4 та ковзний блок 3 забезпечують плавне й точне переміщення прес-форми під час роботи, зменшуючи механічне навантаження і підвищуючи загальну точність.

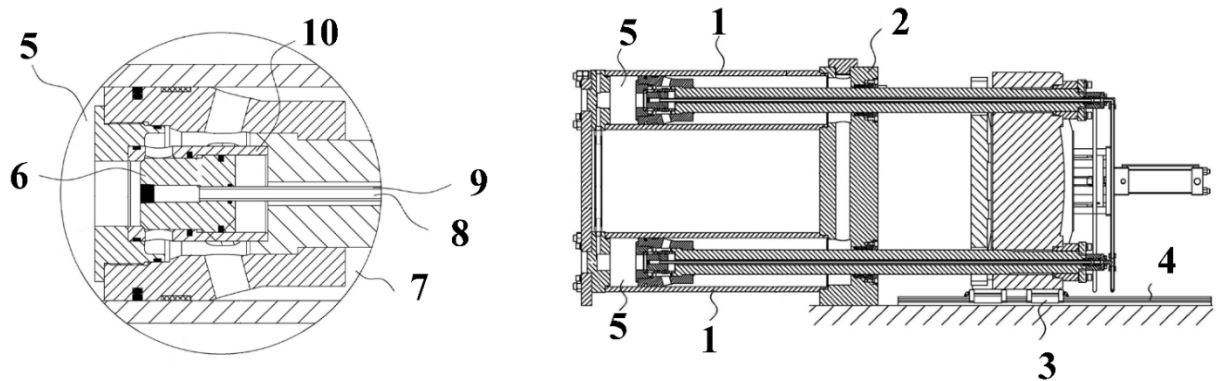


Рисунок 3.8 – Модернізований механізм запирання

1 – затискний циліндр; 2 – нерухома платформа; 3 – ковзний блок; 4 – напрямна рейка; 5 – робоча безштокова порожнина; 6 – сердечник клапана; 7 – робоча порожнина; 8 – центральний отвір; 9 – мастилопровід; 10 – клапан

Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл зусиль затиску, точне переміщення прес-форми та ефективне використання енергії. Вдосконалена система управління мастилом усуває потребу в додатковому зовнішньому втручанні, що робить механізм екологічно чистим та економічно вигідним.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

3.2 Обґрунтування вибору модернізації

Було здійснено літературні та патентні дослідження [6] – [16] для повноцінного розуміння принципу дії машини для лиття під тиском, її компонентів, а також переваги та недоліки проаналізованих конструктивних рішень. Дані винаходи, кожен з яких спрямовані на вирішення конкретних технічних проблем, таких як: автоматизація, точність, затратність та дефекти у продукції.

Зважаючи на характер дослідження, було обрано патенти [12] та [14], які пропонують вдосконалені конструкцію для базових елементів.

Основними причинами вибору саме патенту [12] є кілька важливих технічних переваг. По-перше, система потрібної фільтрації ефективно усуває домішки, що забезпечує вищу однорідність матеріалу і, як наслідок, підвищену якість кінцевого продукту. Це особливо важливо для високопродуктивних або специфічних застосувань, де чистота і точність матеріалу є ключовими, наприклад, у виробництві медичних пристроїв або автомобільних компонентів. По-друге, вузький зазор між напрямним конусом і камерою сприяє прискоренню потоку, що дозволяє скоротити час циклу і підвищити продуктивність процесу.

Додатковою ж модернізацію було обрано корисну модель [14]. Запропонована конструкція має значні переваги завдяки впровадженню системи внутрішньої циркуляції мастила та покращеному управлінню гідравлічним потоком. Ефективне використання мастила, стабільність тиску та плавне переміщення прес-форми забезпечують надійність процесів формування виробів.

Інтеграція таких рішень допоможе значно підвищити ефективність литтєвої машини, покращити якість продукції та зменшити кількість дефектів, що, зрештою, призведе до підвищення конкурентоспроможності виробництва.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

4 РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ МАШИНИ

Мета розділу полягає у проведенні низки розрахунків, які підтверджуватимуть працездатність машини для лиття під тиском, враховуючи ключові параметри її роботи, теплові характеристики та міцнісні властивості конструктивних елементів. Сюди входять визначення відповідності основних компонентів вимогам процесу лиття, оцінка ефективності охолодження, а також перевірка міцності та жорсткості критичних компонентів для забезпечення надійності конструкції.

Для виконання відповідних розрахунків було використано літературу [17] - [23], що забезпечило обґрунтування вибору формул та методів аналізу для підтвердження працездатності машини.

4.1 Параметричні розрахунки

4.1.1 Розрахунок параметрів черв'яка

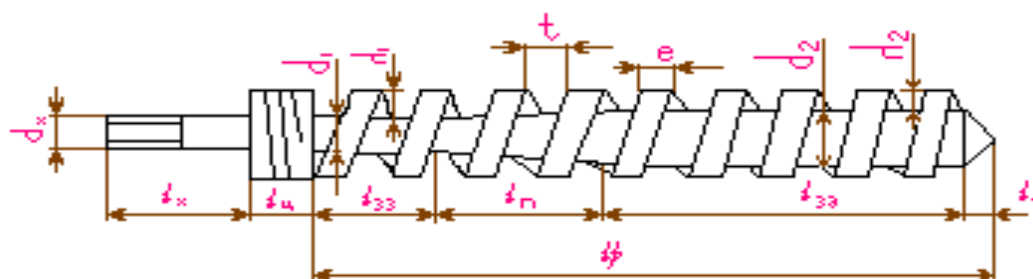


Рис. 4.1 – Розрахункова схема черв'яка

Діаметр черв'яка визначається на основі забезпечення заданого номінального об'єму впорскування за цикл V_n , пластикаційної здатності q_{nl} та номінального тиску лиття P_l . Розрахунок діаметра черв'яка для досягнення необхідного об'єму впорскування за цикл V_n виконується відповідно до методичних вказівок [17].

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1. Формула для визначення діаметра черв'яка D_1 , що забезпечує необхідний номінальний об'єм інжекції за цикл V_H :

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{V_H \cdot K}{(0,785 \cdot K_1)}} \quad (4.1)$$

де V_H – об'єм інжекції за цикл, $V_H = 175 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$; K – коефіцієнт, що враховує витоку й стиснення полімеру при інжекції, $K = 1,2$; K_1 – коефіцієнт геометрії черв'яка, $K_1 = 2,5$.

Підставимо чисельні значення в формулу:

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{175 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2}{0,785 \cdot 2,5}} = 0,047 \text{ м} \quad (4.2)$$

2. Діаметр черв'яка з умови забезпечення пластикаційної здатності можна розрахувати по формулах, що містять ряд параметрів, що покладніють розрахунок. Для цієї мети можуть бути корисні наближені емпіричні та практичні співвідношення:

$$D_2 = \sqrt[2,5]{\frac{q_{nl}}{0,7}} \cdot 10^{-2} \quad (4.3)$$

де q_{nl} – пластикаційна здатність, $q_{nl} = 33 \text{ кг/ч}$.

$$D_2 = \sqrt[2,5]{\frac{33}{0,7}} \cdot 10^{-2} = 0,0467 \text{ м} \quad (4.4)$$

3. Для розрахунку діаметра черв'яка D_n , виходячи з вимоги забезпечення заданого тиску лиття P_L , спочатку визначають діаметр поршня гідроциліндра інжекції. За заданим тиском лиття P_L , тиском густини P_{cy} в гідросистемі та діаметром черв'яка D_1 або D_2 обчислюється діаметр поршня гідроциліндра.

$$D_n = \sqrt{\frac{P_n \cdot D_1^2}{P_{zd}}} \quad (4.5)$$

де P_L – тиск лиття, $P_L = 120 \text{ Мпа}$; D_1 – діаметр черв'яка, $D_1 = 0,05 \text{ м}$, P_{zd} – тиск в гідросистемі, $P_{zd} = 10 \text{ Мпа}$. По стандартному ряду діаметрів приймаємо $D_L = 0,18 \text{ м}$.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

4. Відповідно до знайденого значення $P_{\text{л}}$ визначаємо діаметр черв'яка D_3 :

$$D_3 = \sqrt{\frac{P_{\text{гд}} \cdot D_{\text{л1}}^2}{P_{\text{л}}}} \quad (4.6)$$

де $P_{\text{л}}$ – тиск лиття, $P_{\text{л}} = 120$ МПа. $D_{\text{л1}}$ – діаметр поршня гідроциліндра інжекції, $D_{\text{л1}} = 0,18$ м. $P_{\text{гд}}$ – тиск в гідросистемі, $P_{\text{гд}} = 10$ МПа

$$D_3 = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,18^2}{120}} = 0,049 \text{ м} \quad (4.7)$$

По знайдених значеннях діаметра D_1 , D_2 , D_3 беремо номінальний діаметр черв'яка $D_1 = 0,05$ м.

5. Хід черв'яка при заданому розрахунковому діаметрі D_n уточнюється за наступною формулою:

$$H_{\text{ш}} = \frac{4 \cdot V_p}{(n \cdot D_n^2)} \quad (4.8)$$

де D_n – номінальний діаметр черв'яка, $D_n = 0,05$ м. V_p – об'єм полімеру, підготовленого в черв'ячному пластикаторі до вприску:

$$V_p = V_m K \quad (4.9)$$

де V_m – об'єм вприску за цикл; $V_m = 175 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$. K – коефіцієнт враховуючий втрати та стиск полімера при вприску, $K = 1,2$; $V_p = 175 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$.

Тоді, хід черв'яка за обчисленим діаметром черв'яка:

$$H_{\text{ш}} = \frac{4 \cdot 2,1 \cdot 10^{-4}}{(\pi \cdot (0,05)^2)} = 0,11 \text{ м} \quad (4.10)$$

6. Визначаємо фактичний тиск лиття при номінальному діаметрі черв'яка D_n та діаметрі поршня $D_{\text{л1}}$:

$$P_{\phi} = \frac{P_{\text{гд}} \cdot D_{\text{л1}}^2}{D_n^2} \quad (4.11)$$

де $D_{\text{л1}}$ – діаметр поршня гідроциліндра вприску, $D_{\text{л1}} = 0,18$ м, $P_{\text{гд}}$ – тиск в гідросистемі, $P_{\text{гд}} = 10$ МПа, D_n – номінальний діаметр черв'яка, $D_n = 0,05$ м.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\phi} = \frac{10 \cdot (0,18)^2}{0,05^2} = 130 \text{ МПа} \quad (4.12)$$

7. Розраховуємо довжину зони дозування:

$$L_d = 0,3L_p = 0,3 \cdot 1 = 0,3 \text{ м} \quad (4.13)$$

де L_p – довжина робочої частини черв'яка.

$$L_p = 0,05 \cdot 20 = 1 \text{ м} \quad (4.14)$$

8. Розраховуємо довжину зони завантаження:

$$L_3 = 0,55 \cdot L_p = 0,55 \cdot 1 = 0,55 \text{ м} \quad (4.15)$$

9. Визначаємо довжину зони пластикації:

$$L_{\Pi} = 0,15 \cdot L_p = 0,15 \cdot 1 = 0,15 \text{ м} \quad (4.16)$$

Основні геометричні параметри черв'яка можна виразити через коефіцієнти K_2 , K_3 та K_4 . Коефіцієнт K_2 – це відношення глибини каналу черв'яка в зоні завантаження h_1 до діаметра D , де $K_2 = 0,133$. Коефіцієнт K_3 – відношення кроку черв'яка t до діаметра D , $K_3 = 1$. Коефіцієнт K_4 – відношення товщини витка каналу черв'яка до діаметра D , $K_4 = 0,11$.

10. Глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження:

$$h_1 = D \cdot K_2 = 0,05 \cdot 0,133 = 0,0066 = 0,007 \text{ м} \quad (4.17)$$

11. Діаметр стержня в зоні завантаження:

$$d_1 = D - 2h_1 = 0,05 - 2 \cdot 0,007 = 0,036 \text{ м} \quad (4.18)$$

12. Крок нарізки визначається як:

$$t = D \cdot K_3 = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ м} \quad (4.19)$$

13. Товщина витка визначається як:

$$e = D \cdot K_4 = 0,05 \cdot 0,11 = 0,0055 \text{ м} \quad (4.20)$$

14. Кут підйому гвинтової лінії гребня черв'яка φ буде наступним:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{t}{\pi \cdot D} \quad (4.21)$$

де t – крок винтової лінії, $t = 0,05$ м.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{0,05}{3,14 \cdot 0,05} = 0,318 \quad (4.22)$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} (0,318) = 17^{\circ}40' \quad (4.23)$$

					ЛПЗ1мн.16 7243.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

15. Глибина каналу в зоні дозування дорівнює h/K_5 , де K_5 – це відношення глибини каналу в зоні завантаження h_1 до глибини в зоні дозування h_2 . Значення K_5 приблизно відповідає ступеню стиску черв'яка і становить $K_5 = i = 2,3$.

$$h_2 = \frac{h_1}{h_5} = \frac{0,007}{2,3} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (4.24)$$

16. Діаметр черв'яка у зоні дозування:

$$d_2 = D - 2h_2 = 0,05 - 2 \cdot 0,003 = 0,044 \text{ м} \quad (4.25)$$

17. Глибина нарізки в зоні пластикації дорівнює півсумі висот каналів у зонах завантаження та дозування:

$$h_3 = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,007 + 0,003}{2} = 0,005 \text{ м} \quad (4.26)$$

18. Розрахунок діаметра черв'яка в зоні пластикації:

$$d_3 = D - 2h_3 = 0,05 - 2 \cdot 0,005 = 0,04 \text{ м} \quad (4.27)$$

19. Розрахунок довжини частини хвостовика:

$$L_H = 2,1D = 2,1 \cdot 0,05 = 0,105 \text{ м} \quad (4.28)$$

20. Розрахунок довжини хвостовика:

$$L_x = (1 \dots 2) \cdot D = 1,8 \cdot 0,05 = 0,09 \text{ м} \quad (4.29)$$

21. Розрахунок діаметру хвостовика:

$$d_x = 0,045 \text{ м} \quad (4.30)$$

22. Розрахунок довжини накінецьника:

$$L_T = 0,12 \text{ м} \quad (4.31)$$

23. Розрахунок зазору між корпусом та черв'яком:

$$\delta = 0,0001 \text{ м} \quad (4.32)$$

4.1.2 Розрахунок продуктивності

Продуктивність черв'ячного пластикатора, який застосовується в цьому термопластавтоматі, можна обчислити через продуктивність зони дозування. Оскільки розрахунок зони живлення, де полімер знаходиться в гранульованій

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

формі, базується на теорії переміщення сипучих матеріалів, а методика розрахунку зони стиску наразі ще не розроблена.

$$Q = \pi^2 \rho n (D - h_1) h_1 \frac{tg\alpha \cdot tg\phi}{(tg\alpha + tg\phi)} \quad (4.33)$$

де ρ - густина полімеру, вона дорівнює 0,95 т/м³ для поліетилену [20]; n - частота обертання черв'яка, $n = 20-180$ об/хв. Приймаємо $n = 70$ об/хв.

D – діаметр черв'яка, $D = 50 \times 10^{-3}$ м; h_1 – глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження 7×10^{-3} м; $= 17^\circ 45'$; – кут тертя матеріалу об метал, $tg = f$, де f – коефіцієнт тертя матеріалу об холодну поверхню, $f = 0,1-0,9$; приймаємо $f = 0,3$.

$$Q = 3,14^2 \cdot 0,95 \cdot 10^3 \cdot 70 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot (50 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-3}) \cdot 7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,3 \cdot tg17,75}{0,3 + tg17,75} \cdot 60 = 92 \frac{\text{кг}}{\text{год}} \quad (4.34)$$

4.1.3 Розрахунок гнізд та рухливої частини прес-форми

Розрахунок кількості гнізд прес-форми пов'язаний із вибором базової ливарної машини за такими параметрами: вага інжекції, продуктивність пластикації та зусилля змикання.

Кількість гнізд n_1 визначається на основі ваги впорскування машини:

$$n_1 = \frac{G_b}{U_1 G_g} \quad (4.35)$$

де G_b – вага інжекції машини визначається в грамах, $G_b = 150$ г; G_g – вага однієї деталі, $G_g = 35$ г.

Коефіцієнт κ_1 , що враховує вагу ливникової системи щодо ваги однієї деталі, $\kappa_1 = 1,1$.

$$n_1 = \frac{150}{35 \cdot 1,1} = 4 \quad (4.36)$$

Кількість гнізд n_2 , виходячи з пластикаційної продуктивності матеріального циліндра машини:

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$n_2 = \frac{Q(T_b G_g + T_x)}{3,6k_1 G_g} \quad (4.37)$$

T_b - тривалість витримки деталі у формі, розрахована на 1 грам ваги; T_x – тривалість повного циклу, який включає змикання форми, підведення сопла, впорскування матеріалу, розмикання форми, виштовхування деталі тощо, при цьому $T_x = 20$ секунд.

$$n_2 = \frac{92 \cdot (1 \cdot 0,035 + 20)}{3,6 \cdot 1,1 \cdot 0,035 \cdot 3600} = 23 \quad (4.38)$$

Кількість гнізд n_3 , виходячи з зусилля змикання машини:

$$n_3 = \frac{P}{1,25P_0k_2F} \quad (4.39)$$

де P - зусилля змикання форми, $P = 1000$ кН; P_0 - тиск пластмаси в гнізді, $P_0 = 60$ МПа; F - площа деталі, $F = 2,75 \times 10^{-3}$ м²; k_2 - коефіцієнт, що враховує площу ливникової системи, $k_2 = 1,1$.

$$n_3 = \frac{1 \cdot 10^6}{1,25 \cdot 60 \cdot 10^6 \cdot 1,1 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3}} = 4 \quad (4.40)$$

Приймаємо кількість гнізд $n = 4$, виходячи з ваги впорскування машини.

Розрахунок довжини рухливої частини прес-форми з подальшим визначенням ходу рухомої частини форми L_x , де можна визначити для деталей, які потребують використання стрижневих виштовхувачів:

$$L_x = l + c \leq L_m \quad (1,6) \quad (4.41)$$

де l – висота деталі, $l = 18$ мм; c – величина, що враховує висоту центрального литника, зазор для вилучення деталі тощо; у формах зі стрижневою або точково-стрижневою ливниковою системою, $c = 60$ мм; $L_m = 320$ мм. $L_x = 18 + 60 = 78$ мм ≤ 320 мм.

Остаточна величина довжини шляху рухливої частини форми приймаємо $L_x = 100$ мм.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

4.1.4 Розрахунок ливникової системи

Будь-яка ливникова система складається з трьох ключових елементів: центрального, розподільного та впускного каналів. Центральний канал виконаний у формі усіченого конуса та розміщений у спеціальній ливниковій втулці.

Розрахунковий діаметр на вході в ливникову втулку визначається наступним чином:

$$d_{1p} = 0,2 \sqrt{\frac{V_{\text{в.н.}}}{\pi v T}} \quad (4.42)$$

де $V_{\text{в.н.}}$ - обсяг інжекції, що є сумою обсягів виробів, які відливаються одночасно. Обчислюється як $V_{\text{в.н.}} = m/p = 150/0,95 = 158 \times 10^{-3} \text{ мм}^3$, де m – маса виробу ($m = 150 \text{ г}$ для 4 виливків), а p – густина поліетилену ($p = 0,95 \text{ г/см}^3$); V – середня швидкість потоку матеріалу в ливниковій втулці ($V = 110 \text{ мм/с}$); T – тривалість упорскування ($T = 4 \text{ с}$).

$$d_{1p} = 0,2 \sqrt{\frac{158 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 110 \cdot 4}} = 3 \text{ мм} \quad (4.43)$$

Діаметр d_2 центрального ливникового каналу на виході визначається залежно від кута φ конуса. Для $\varphi = 40^\circ$ та $d_{1p} = 3 \text{ мм}$, d_2 становить 8 мм. Максимально допустиме значення $d_{2\text{max}}$ для центральних ливникових каналів на виході:

$$d_{2\text{max}} = e + 1,5 \quad (4.44)$$

де e - товщина виробу, що відливається, $e = 8 \text{ мм}$.

$$d_{2\text{max}} = 8 + 1,5 = 9,5 \text{ мм} \quad (4.45)$$

Оскільки $d_{2\text{max}} > d_2$, і центральний литник не прилягає до виробу, ми зупиняємося на цьому варіанті та приймаємо $d_1 = d_{1p} = 3 \text{ мм}$, $d_2 = 8 \text{ мм}$.

Розподільні ливникові канали є складовою частиною ливникової системи, що з'єднує форми, що формують, з центральним літником. Форму

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

розподільного каналу обираємо трапецієподібною, оскільки вона є більш технологічною та менш витратною у виробництві.

Розміри перетину розподільних каналів приймаємо $b = 4$ мм, $h = 2$ мм, $F_{н.с.} = 26,8$ мм². Впускні канали є останнім етапом у системі ливникових каналів, які подають матеріал до формуючої порожнини. Площа перетину цього каналу наступним чином:

$$F_{в.н} \leq F_{у.н.}/n_{в.н.} \quad (4.46)$$

де $F_{у.н.}$ - площа перетину вхідного отвору центрального каналу. $F_{у.н.}^2 = \pi r^2 = 3,14 \cdot (2,25 \cdot 10^{-3})^2 = 1,59 \cdot 10^{-5}$ м²; $n_{в.н.}$ - кількість впускних каналів, $n_{в.н.} = 4$.

$$F_{в.н} \leq \frac{(1,59 \cdot 10^{-5})}{4} = 3,976 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \quad (4.47)$$

Приймаємо $F_{в.н} = 3,5 \cdot 10^{-6}$ м². Діаметр впускного каналу дорівнює: $d = 2 \dots 2,5$ мм. Приймаємо $d = 2$ мм. Довжину L каналу приймаємо 316 мм. Ширину каналу b приймаємо 10 мм.

Завершення розрахунку ливникової системи передбачає визначення вентиляційних каналів. Ці канали розміщуються в тих ділянках, які заповнюються розплавом останніми.

Площа перетину вентиляційного каналу одного гнізда:

$$F = f \cdot V_T \quad (4.48)$$

де f – площа питомого перетину вентиляційного каналу та при часі інжекції $t = 4$ сек, $f = 5 \cdot 10^{-3}$ мм²/см³; V – обсяг гнізда форми. $V = 59,73$ см³.

$$F = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 59,73 = 298,65 \text{ мм}^2 = 0,29 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 \quad (4.49)$$

Глибину каналу h_1 визначаємо в залежності від матеріалу. Оскільки у форму заливається поліетилен, то $h_1 = 0,04$ мм. Довжину вентиляційного каналу L приймаємо 2 мм, який переходить у канал з глибиною $h_2 = 2$ мм, що з'єднується з атмосферою. Ширина каналу становить $b = 1,8$ мм. Кількість каналів встановлюємо на рівні 4. Канали виготовляються після випробування форми і лише в тому випадку, якщо поперечний переріз зазорів у рухомій частині прес-форми менший за розрахункову величину F_g .

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.5 Розрахунок параметрів приводу обертового руху черв'яка

Вихідні дані:

- об'єм вприску 175 см^3 ;
- діаметр черв'яка $D = 50 \text{ мм}$,
- частота обертання черв'яка $n_{cp} = 70 \text{ об/хв}$;
- тиск відходу черв'яка $P = 5 \text{ МПа}$.

1. Потужність приводу обертового руху черв'яка:

$$N_{вр} = K (D \cdot 10^3)^{K_1} \cdot 10^3 \quad (4.50)$$

де $K = 3,41 \cdot 10^{-4}$, тоді:

$$N_{вр} = 3,41 \cdot 10^{-4} (50 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3)^{2,5} \cdot 10^3 = 6,03 \cdot 10^3 \text{ Вт} \quad (4.51)$$

2. Крутний момент $M_{кр}$ черв'яка з частотою його обертання n_{cp} можна визначити за формулою:

$$M_{кр} = 9,55 \cdot \frac{N_{вр}}{n_{cp}} \quad (4.52)$$

де $N_{вр}$ – потужність приводу обертального руху черв'яка, $N_{вр} = 6,03 \text{ кВт}$.

$$M_{кр} = 9,55 \cdot \frac{6,03}{70} = 0,82 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.53)$$

3. За крутним моментом черв'яка $M_{кр}$ розраховуємо момент на валу $M_{гд}$:

$$M_{гд} = M_{кр} / i_{X_d} \quad (4.54)$$

де i – передаточне відношення, $i = 15 \dots 25$; X_d – КПД механічної передачі, $X_d = 0,95$.

$$M_{гд} = \frac{823}{20 \cdot 0,95} = 43,3 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.55)$$

Вибираємо модель гідродвигуна; $M_{гд} = 50 \text{ Нм}$, $n_{max} = 1500 \text{ об/хвл}$.

4. Визначаємо подачу насоса q_n :

$$q_n = q_{гд} \cdot n_{гд.о} / (60 \cdot X_{об.гд}) \quad (4.56)$$

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де q_{zd} – подача робочої рідини за один оберт вала, $q_{zd} = 70 \cdot 10^{-6}$ об/хв.
 $n_{zd\ o} = n_{cp} \cdot i = 70 \cdot 15 = 1050$ об/хвл. $X_{об. zd}$ – об'ємний КПД гідродвигуна; $X_{об. zd} = 0,98$.

$$q_n = \frac{70 \cdot 10^{-6} \cdot 1050}{60 \cdot 0,98} = 1,25 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (4.57)$$

5. Потужність N_n насоса, питаючого гідродвигун:

$$N_n = \frac{P_{гд} \cdot q_n}{X_{эф.гд} \cdot X_{эф.н}} \quad (4.58)$$

де P – номінальний тиск, $P = 5$ МПа; $X_{эф. zd}$ – ефективний КПД гідродвигуна; $X_{эф. zd} = 0,8$; $X_{эф. н}$ – ефективний КПД насоса; $X_{эф. н} = 0,7$.

$$N_n = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,7} = 1,12 \cdot 10^4 \text{ Вт} \quad (4.59)$$

6. Фактична частота обертання вала гідродвигуна під навантаженням:

$$n_{гд.ф} = n_{гд.о} (1 - C) \quad (4.60)$$

де C – жорсткість механічної характеристики вала; $C = 0,05$.

$$n_{гд.ф} = 1050 \cdot (1 - 0,05) = 997,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (4.61)$$

7. Потужність $N_{гд}$, що передається гідродвигуном черв'яка:

$$N_{гд} = \frac{M_{гд} \cdot n_{гд.ф}}{9,55} = \frac{50 \cdot 997,5}{9,55} = 5,22 \cdot 10^3 \text{ Вт} \quad (4.62)$$

8. По тиску $P = 5$ МПа й продуктивністю $q_n = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ вибираємо лопасний насос типу 8Г12-25А. Його характеристика: $q_n = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$; $P = 6,5$ МПа.

9. Потужність електродвигуна вибираємого насоса:

$$N_n = \frac{P \cdot q_n}{X_{эф.н} \cdot X_{эф.гд}} = \frac{6,5 \cdot 10^6 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,7} = 1,94 \cdot 10^4 \text{ Вт} \quad (4.63)$$

10. Максимальна можлива частота двигуна за вибраним насосом:

$$n_{гд.о} = \frac{q_n \cdot X_{об. zd} \cdot 60}{q_{гд}} = \frac{1,67 \cdot 10^{-3} \cdot 0,98 \cdot 60}{70 \cdot 10^{-6}} = 1400 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (4.64)$$

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

4.1.6 Розрахунок параметрів приводу поступового руху черв'яка

Вихідні дані:

- номінальний тиск лиття, $P_{л.н.} = 120$ МПа;
- час вприску $t = 4$ с.

Потужність приводу поступального руху черв'яка розраховується з урахуванням забезпечення необхідного тиску для заповнення форми і заданого часу інжекції. Насос повинен створювати тиск, що забезпечить тиск для лиття $P_{л.}$, необхідний для заповнення системи сопло-форма, а також подолати втрати тиску в інжекційному механізмі ливарної машини. Об'ємна швидкість інжекції буде наступною:

$$Q_{впр} = K_{ут1} \cdot K_{сж} \cdot Q = \frac{K \cdot V_n}{t} \quad (4.65)$$

де $K = K_{ум1} \cdot K_{сж} = 1,3$; V_n – об'єм інжекції за цикл, $V_n = 175 \cdot 10^{-6}$ м³.

$$Q_{впр} = \frac{1,3 \cdot 175 \cdot 10^{-6}}{4} = 0,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.66)$$

Потужність приводу поступового руху черв'яка:

$$N_{впр} = \frac{K_{пер} \cdot K_{умч} \cdot P_{л} \cdot Q_{впр}}{X} \quad (4.67)$$

де $K_{пер}$ – коефіцієнт перевантаження, $K_{пер} = 0,75$. $K_{ум}$ – коефіцієнт втрати гідрорідини, приймаємо 1,05. X – КПД насосу і гідросистеми вприску, приймаємо від 0,85...0,9.

$$N_{впр} = \frac{0,75 \cdot 1,05 \cdot 120 \cdot 10^6 \cdot 0,56 \cdot 10^{-4}}{0,9} = 5,88 \text{ кВт} \quad (4.68)$$

Потужність електродвигуна $N_d = 19,4$ кВт.

Максимальний крутний момент:

$$M_{кр} = 9550 \cdot \frac{N_d}{n} = 9550 \cdot \frac{19,4}{1400} = 132 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.69)$$

де n – частота двигуна, об/хв.

Розраховуємо осьове зусилля:

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$P_{oc} = 2 \cdot M_{кр} \cdot \frac{tg\varphi}{D} = 2 \cdot 132 \cdot tg17^\circ \frac{45'}{0,05} = 1689,6 \text{ Н} \quad (4.70)$$

де D -діаметр черв'яка; φ - кут нахилу гвинтової лінії черв'яка, $\varphi=17^\circ45'$.

4.2 Теплові розрахунки

Для розрахунку системи охолодження прес-форми використовуємо такі дані:

- розміри форми: 360х316х316 мм;
- матеріал для лиття: поліетилен з максимальною товщиною у формі;
- колеса розміром: 60х18 мм;
- температура полімерного розплаву: $t_n = 135^\circ\text{C}$;
- температура навколишнього середовища (повітря): $t_{н.с.} = 20^\circ\text{C}$;
- температура води на вході $t_{в.н.} = 16^\circ\text{C}$;
- температура форми $t_\phi = 57,5^\circ\text{C}$;
- температура готового виробу $t_\partial = 60^\circ\text{C}$;
- маса виробу $G_\partial = 35 \text{ г}$.

Безрозмірна температура визначається як:

$$\theta = \frac{t_\phi - t_n}{t_\phi - t_\partial} \quad (4.71)$$

$$\theta = \frac{57,5 - 135}{57,5 - 60} = 31 \quad (4.72)$$

Час охолодження виробу буде наступним:

$$\tau_{охл} = \frac{0,405(\delta/2)}{a} Ln(1,27\theta) \quad (4.73)$$

де a - коефіцієнт температурної провідності поліетилену в умовах переробки; $a = 0,8465 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$, δ —максимальна товщина стінки, $\delta = 8 \text{ мм}$.

$$\tau_{охл} = \frac{0,405(8 \cdot 10^{-3}/2)}{0,8065 \cdot 10^{-5}} Ln(1,27 \cdot 31) = 75 \text{ сек} \quad (4.74)$$

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Повний час циклу:

$$\tau_{\text{цикл}} = \tau_{\text{мех}} + \tau_{\text{окл}} \quad (4.75)$$

де $\tau_{\text{мех}}$ – час механічної роботи машини, він дорівнює 15 сек.

$$\tau_{\text{цикл}} = 15 + 75 = 90 \text{ сек} \quad (4.76)$$

Площа поверхні форми:

$$F = (L_1 B_1 + L_1 H_1 + H_1 B_1) + (L_2 B_2 + L_2 H_2 + B_2 H_2) \quad (4.77)$$

де $L_1, B_1, H_1, L_2, B_2, H_2$ — лінійні розміри частин форми, що формують.

$L_1 = 0,285$ м, $B_1 = 0,316$ м, $H_1 = 0,316$ м, $L_2 = 0,075$ м, $B_2 = 0,316$ м, $H_2 = 0,316$ м.

$$F = (0,285 \cdot 0,316 + 0,285 \cdot 0,316 + 0,316 \cdot 0,316) + (0,075 \cdot 0,316 + 0,075 \cdot 0,316 + 0,316 \cdot 0,316) = 0,427 \text{ м}^2 \quad (4.78)$$

Витрата води:

$$G_B = \frac{G_d C_d (t_p - t_d) + \alpha_f F_f (t_f - t_{\text{визн}})}{C_x (t_{\text{вк}} - t_{\text{вп}})} \quad (4.79)$$

де $C_{\text{изд}}$ – середня теплоємність полістиролу, $C_d = 1,92 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$; коефіцієнт тепловіддачі вільної конвекції від форми до навколишнього середовища становить $9 \text{ Вт/м}^2\text{C}$.

C_x – теплоємність охолодної рідини при визначальній температурі:

$$C_x = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \quad (4.80)$$

$$T_{\text{визн}} = 0,5 \cdot (t_{\text{вп}} + t_{\text{вк}}) = 0,5 \cdot (45 + 16) = 30,5^\circ\text{C} \quad (4.81)$$

$$G_B = \frac{0,035 \cdot 1,92 \cdot 10^3 \cdot (135 - 60) + 9 \cdot 0,427 \cdot (57,5 - 30,5)}{4200 \cdot (45 - 16)} = 0,042 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (4.82)$$

Площа поверхні оформлення деталі Пуансоном й матрицею:

$$F_{\text{оп}} = 2\pi R(R + H) \quad (4.83)$$

$$F_{\text{ом}} = 2\pi R_1(R_1 + H_1 + \delta) \quad (4.84)$$

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

де R, H - радіус і висота пуансона, $R = 0,020\text{ м}$, $H = 0,010\text{ м}$; R_1, H_1, δ - радіус, висота матриці і товщина стінки виробу. $R_1 = 0,030\text{ м}$, $H_1 = 0,018\text{ м}$; $\delta = 8\text{ мм}$.

$$F_{\text{оп}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,020 \cdot (0,020 + 0,010) = 0,0037\text{ м}^2 \quad (4.85)$$

$$F_{\text{ом}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,030 \cdot (0,030 + 0,018 + 0,008) = 0,0106\text{ м}^2 \quad (4.86)$$

$$G_n = \frac{2G_{\partial} \cdot F_{\text{он}}}{F_{\text{он}} + F_{\text{ом}}} \Rightarrow G_n = \frac{2 \cdot 0,035 \cdot 0,0037}{0,0037 + 0,0106} = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (4.87)$$

$$G_m = 2G_{\partial} - G_n \Rightarrow G_m = 2 \cdot 0,035 - 0,018 = 0,034 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (4.88)$$

Перетин каналів Пуансона й матриці:

$$f_n = \frac{G_n}{\rho_6 v} \Rightarrow f_n = \frac{0,018}{10^3 \cdot 1} = 0,018 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (4.89)$$

$$f_m = \frac{G_m}{\rho_6 v} \Rightarrow f_m = \frac{0,034}{10^3 \cdot 1} = 0,034 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (4.90)$$

де V - швидкість води в каналі віднесена до 1 мм за 1 с; ρ_6 - густина води, 10^3 кг/м^3 .

Діаметри каналів пуансона і матриці круглого перетину:

$$d_n = \sqrt{\frac{4f_n}{n}} \Rightarrow d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,018 \cdot 10^{-3}}{3,14}} = 4,79 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (4.91)$$

$$d_m = \sqrt{\frac{4f_m}{n}} \Rightarrow d_m = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,034 \cdot 10^{-3}}{3,14}} = 6,64 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (4.92)$$

Приймаємо $d_n = d_m = 10\text{ мм}$.

Режим руху води в каналі:

$$Re = \frac{vd}{\nu} \quad (4.93)$$

де ν - кінематична в'язкість води, $1,159 \times 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$.

$$Re = \frac{1 \times 10 \cdot 10^{-3}}{1,159 \cdot 10^{-6}} = 8628 \quad (4.94)$$

Критерій Нуссельта. Значення критерію Рейнольдса відповідає перехідному режиму руху води:

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$Nu = 2,26 \cdot 10^{-4} \cdot Re^{1,3} \cdot Pr^{0,43} (2,5) \quad (4.95)$$

де $Pr = 8,27$ при $t_{визн} = 30,5^\circ\text{C}$.

$$Nu = 2,26 \cdot 10^{-4} \cdot 8628^{1,3} \cdot 8,27^{0,43} = 73,34 \quad (4.96)$$

Розрахунок коефіцієнту тепловіддачі буде наступним:

$$\alpha_n = \alpha_m = \frac{Nu\lambda}{d} \quad (4.97)$$

де $\lambda = 58,65 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м}^2\text{с}$. При $t_{визн} = 30,5^\circ\text{C}$:

$$\alpha_n = \alpha_m = \frac{73,34 \cdot 58,65 \cdot 10^{-2}}{10^{-2}} = 4301 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{с}} \quad (4.98)$$

Площа поверхні теплообміну каналів:

$$F_n = \frac{G_n C_{\phi} (t_{xu} - t_{xn})}{\alpha (t_{\phi} - t_{опр.ср})} \Rightarrow F_n = \frac{0,018 \cdot 4200 \cdot (45 - 16)}{4301 \cdot (57,5 - 20)} = 1,4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \quad (4.99)$$

$$F_m = \frac{G_m C_{\phi} (t_{вн} - t_{вк})}{\alpha (t_{\phi} - t_{н.с})} \Rightarrow F_m = \frac{0,034 \cdot 4200 \cdot (45 - 16)}{4301 \cdot (57,5 - 20)} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \quad (4.100)$$

Розрахунок загальної довжини каналів:

$$L_m = \frac{F_m}{n d_{np}} \Rightarrow L_n = \frac{1,4 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 10^{-2}} = 0,446 \text{ м} \quad (4.101)$$

$$L_m = \frac{F_m}{n d_m} \Rightarrow L_m = \frac{2,6 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 10^{-2}} = 0,828 \text{ м} \quad (4.102)$$

4.3 Розрахунки на міцність та жорсткість

4.3.1 Розрахунок наконечника на черв'яка на міцність

Для розрахунку наконечника використовуємо такі дані:

- матеріал: сталь 38Х2МЮА;
- термообробка: $HV 260 \dots 280$;
- питоме тиску лиття: $p = 100 \text{ МПа}$;
- зовнішній діаметр контакту між наконечником та компенсатором: $D =$

30 мм;

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- внутрішній діаметр контакту між наконечником та компенсатором: $d = 21$ мм.

Напруга зняття в області контакту між наконечником та компенсатором:

$$[\sigma_{cm}] = \frac{PD^2}{D^2 - d^2} \quad (4.103)$$

$$[\sigma_{cm}] = \frac{120 \cdot 10^6 \cdot 0,03^2}{0,03^2 - 0,021^2} = 235 \text{ МПа} \quad (4.104)$$

Напруга зминання, що допускається:

$$[\sigma_{cm}]_2 = 240 \text{ МПа} \quad (4.105)$$

Розрахунок черв'яка на міцність – це перевірка розмірів конкретного елемента, які були визначені на основі попередніх розділів розрахунків.

Вихідні дані:

- матеріал черв'яка: сталь 38ХМЮА;
- границя текучості відповідно до [18], діаметр черв'яка: 50 мм.

Розрахункова схема черв'яка зображена на рисунку 4.2:

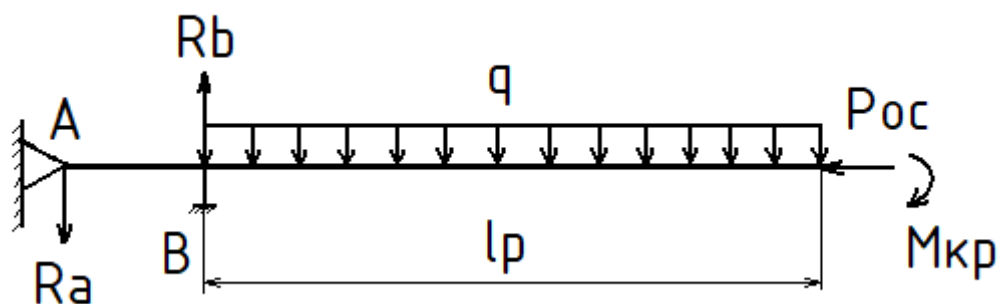


Рис. 4.2. Розрахункова схема черв'яка на міцність та жорсткість

Розрахунок полярного моменту інерції:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4}{64} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot (0,036)^4}{64} (1 - 0,72^4) = 6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \quad (4.106)$$

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

де α - відношення діаметра стрижня черв'яка й внутрішнього охолоджувального каналу в небезпечному перерізі.

$$\alpha = \frac{d_1}{d_{in}} = \frac{36}{50} = 0,72 \quad (4.107)$$

Площа небезпечного перерізу:

$$F_{nep} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,036^2}{4} \cdot (1 - 0,72^2) = 0,49 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (4.108)$$

Радіус інерції:

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-8}}{0,49 \cdot 10^{-3}}} = 1,11 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad (4.109)$$

Ступінь твердості черв'яка:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l_p}{i} = \frac{2 \cdot 1}{1,11 \cdot 10^{-2}} = 180 \quad (4.110)$$

де μ - коефіцієнт способу закладення, $\mu = 2$.

Оскільки $\lambda = 209$, черв'як вважається довгим і підлягає розрахунку на твердість.

Осьовий момент опору:

$$W = \frac{\pi \cdot d_1^3}{32} (1 - \alpha^3) = \frac{3,14 \cdot 0,036^3}{32} (1 - 0,72^3) = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (4.111)$$

Дотичні напруження розраховуються як:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W} = \frac{132}{1,7 \cdot 10^{-6}} = 78 \text{ МПа} \quad (4.112)$$

Напруга стиску буде наступною:

$$\sigma_c = \frac{P_{oc}}{F} = \frac{1689,6}{0,49 \cdot 10^{-3}} = 3,45 \text{ МПа} \quad (4.113)$$

Результати напруги за III-ій теорією міцності:

$$\sigma_{iii} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{3,45^2 + 4 \cdot 78^2} = 156 \text{ МПа} \quad (4.114)$$

Розрахунок запасу міцності:

$$N = \sigma_t / \sigma_{iii} = 450 / 156 = 2,8 \quad (4.115)$$

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4.3.2 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Разом з вимогами міцності важливо також забезпечити жорсткість, де максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим за конструкційний зазор $\delta_{max} \geq \delta_k$.

Вихідні дані:

- матеріал черв'яка: сталь 38ХМЮА;
- діаметр черв'яка: $d = 50$ мм;
- зазор між корпусом та черв'яком: $\delta_{max} = (0,002 \dots 0,003)$, $D = 0,1$ мм;
- модуль пружності: $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Максимальний прогин розраховується за формулою:

$$\delta = \frac{1}{IE} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cdot \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k l_p) \right] \quad (4.116)$$

де:

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{1689,6}{2 \cdot 10^{11} \cdot 6 \cdot 10^{-8}}} = 0,375 \quad (4.117)$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right]}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{5,53 \cdot \left[1,000 - \frac{1}{0,375} \sin(1 \cdot 0,375) \right]}{0,375 \cdot \cos(0,375 \cdot 1,000)} = 17,61 \quad (4.118)$$

Максимальний прогин дорівнює:

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$\delta_k = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2,4 \cdot 10^{-7}} \cdot \left[\frac{124}{0,375^2} \left(\frac{1}{0,375^2} + \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{0,375} \left(\frac{1}{0,375^2} + 17,61 \cdot 1 \right) \cdot \cos(0,375 \cdot 1,000) - \frac{1}{0,375^2} \left(\frac{5,53 \cdot 1,000}{0,375} - 17,61 \right) \cdot \sin(0,375 \cdot 1,000) \right] = 0,00042 \text{ мм} \quad (4.119)$$

Розрахований прогин знаходиться в межах допустимого.

Проведені розрахунки підтверджують відповідність основних параметрів машини для лиття під тиском вимогам технологічного процесу. Усі ключові характеристики, такі як геометрія черв'яка, продуктивність системи, теплові умови та міцність конструктивних елементів, були визначені та проаналізовані. Результати свідчать про належну функціональність обладнання, що дозволяє забезпечити стабільну і ефективну роботу машини. Розрахунки забезпечують основу для подальшої оптимізації та використання машини у виробництві.

4.4 Розрахунки за допомогою обчислювальних систем

Для розробки базової конструкції сопла та його 3D-моделі використаємо мову програмування AutoLISP [24] в середовищі AutoCAD. Це дозволить легко редагувати будь-які параметри й змінні моделі в разі необхідності, забезпечуючи гнучкість і точність у процесі проектування.

Для підтвердження ефективності та дієздатності впровадженої модернізації скористаємося джерелами з літератури [24] – [33], що дозволить підтвердити достовірність моделі в умовах симуляції. Для цього будуть використані обчислювальні системи Autodesk Inventor [25] та Ansys [26], які

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

дозволять провести точні розрахунки та моделювання поведінки конструкції в умовах експлуатації.

Задля повноцінного розуміння правильності виконаних дій та числових значень буде використана література [27] – [33]. Такий комплексний підхід забезпечить точний аналіз впроваджених змін та їх впливу на загальні характеристики системи.

4.4.1 Розробка базової 3D моделі в системі AutoLISP

Для розробки програмного забезпечення для проектування базової моделі сопла використаємо функціональне програмування на мові AutoLISP у середовищі AutoCAD, використовуючи відповідну літературу для достовірного виконання всіх дій [31]. Програма повинна забезпечити автоматизовану систему, яка включає:

- введення вихідних розмірів за допомогою багаторівневого віконного меню та графічних інструментів;
- швидку обробку проектної документації, створеної в середовищі AutoCAD;
- можливість розширення функціоналу програми для створення креслень нових деталей без значного доопрацювання системи;
- побудову твердотільної моделі типу SOLID для подальшого створення сіткової області та проведення розрахунків на міцність;
- вихідні тексти програмного коду на мові AutoLISP, орієнтовані на використання у середовищі AutoCAD.

Блок-схема програми наведена на рисунку 4.3, що відображає структуру та послідовні дії виконання програми:

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

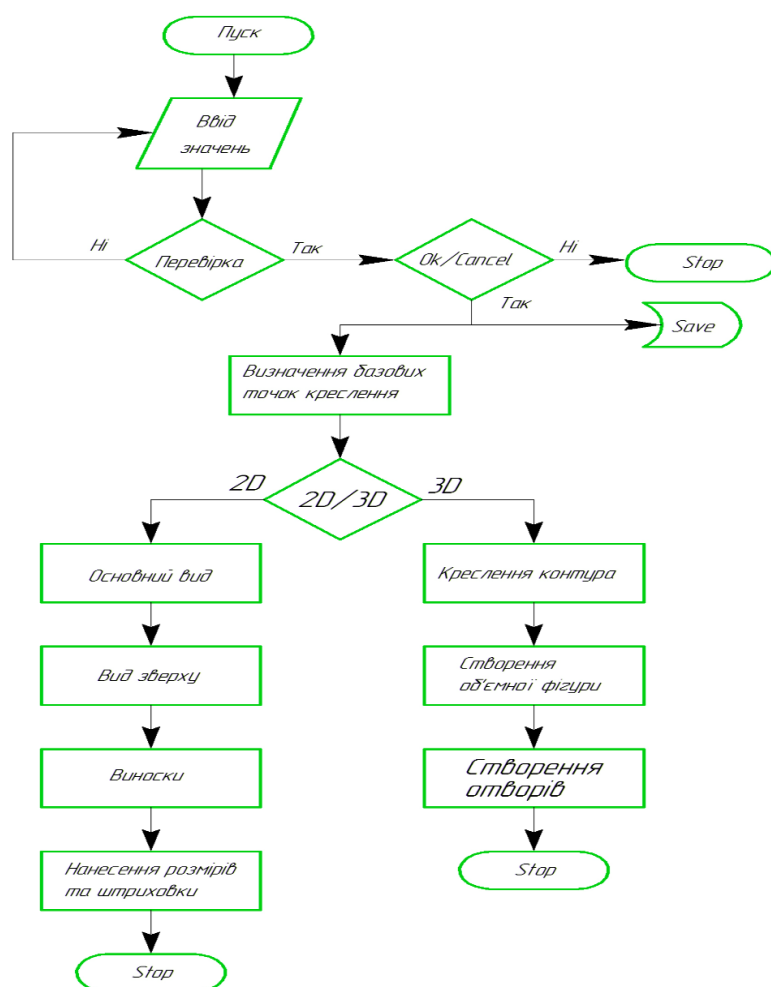
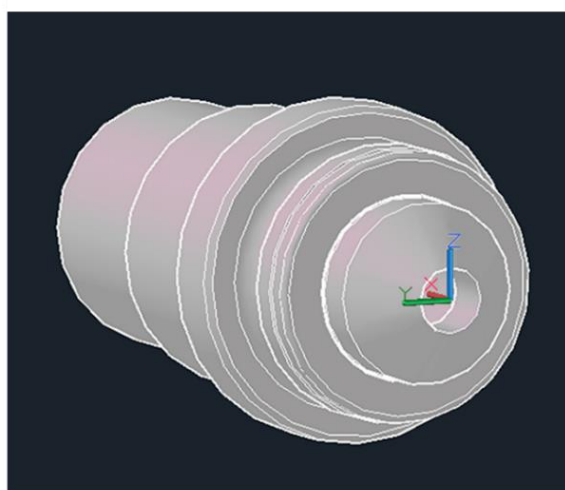
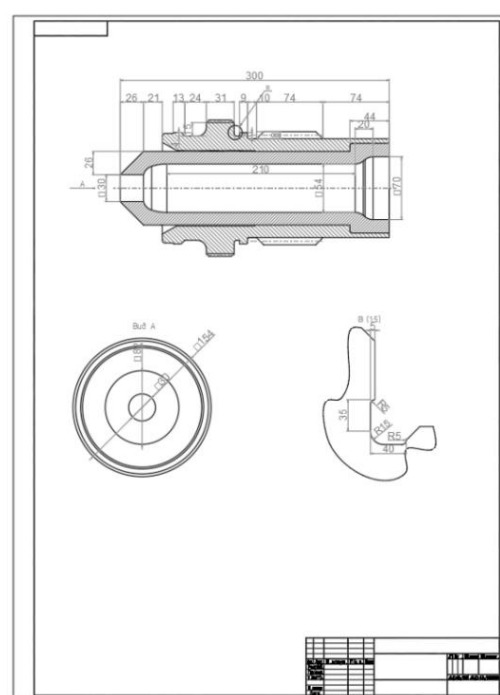


Рис. 4.3 – Блок-схема програми



4.4 – Результат роботи програми

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

4.4.2 Розробка 3D моделі модернізованого сопла в системі Autodesk Inventor

Перед тим як перейти до визначення та підтвердження модернізованої конструкції, розробимо відповідну 3D модель сопла інжекційного механізму в обчислювальній системі Autodesk Inventor [25]. Процес створення 3D моделі конструкції сопла був розбитий на три етапи, кожен з яких охоплював окрему частину: тіло сопла, наконечник й фільтраційний елемент.

1. Використовувалися стандартні інструменти 3D-моделювання, такі як ескізи профілю (Sketch), обертання (Revolve) та функція різьби (Thread) для формування геометрії циліндричної частини сопла.

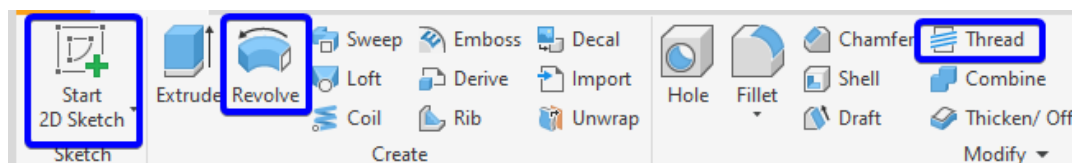


Рис. 4.5 – Інтерфейс використаних інструментів

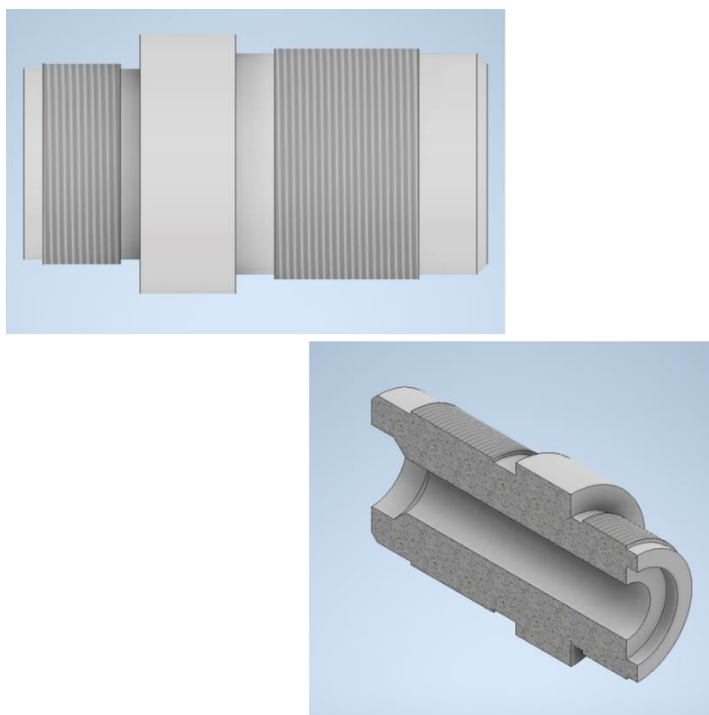


Рис. 4.6 – 3D-модель тіла сопла

					ЛПЗ1мн.16 7243.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

2. На наступному етапі був створений наконечник. Інструменти, які використовувалися раніше, були застосовані аналогічним чином й на цьому етапі моделювання.

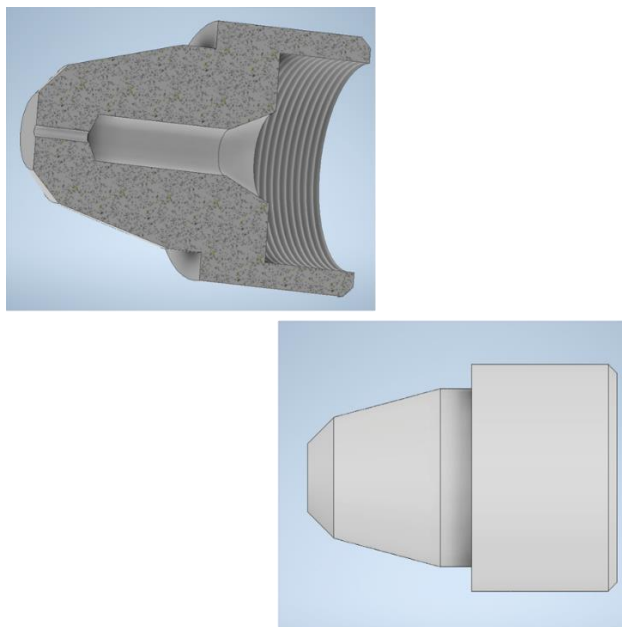


Рис. 4.7 – 3D-модель наконечника сопла

3. Подальший етап також не зазнав значних змін, за винятком додавання нового інструмента «Extrusion», який було використано для виконання додаткових операцій.

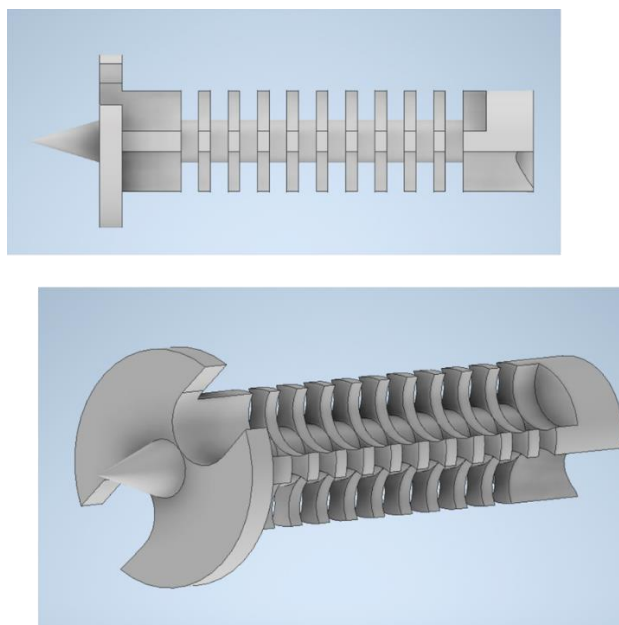


Рис. 4.8 – 3D-модель фільтраційного елемента

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4. Наступний етап роботи передбачає об'єднання всіх створених елементів в єдину цілісну модель, що забезпечить їх правильну взаємодію та ефективне функціонування в загальній конструкції. Для цього використовується функціонал створення збірки «Assembly». На робоче поле завантажуються всі попередньо створені компоненти сопла, наконечника та фільтраційного елемента. Далі, за допомогою інструмента «Joint», кожен з елементів розміщується у відповідних позиціях, забезпечуючи їх точне з'єднання і відповідність конструкційним вимогам.

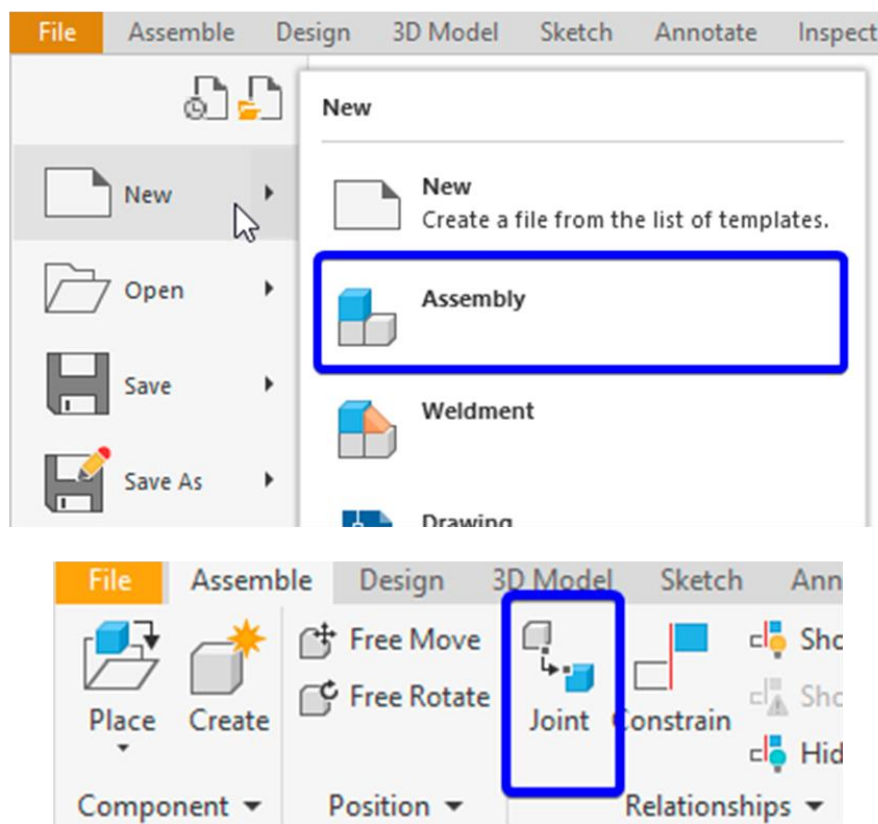


Рис. 4.9 – Інструменти «Assembly» та «Joint»

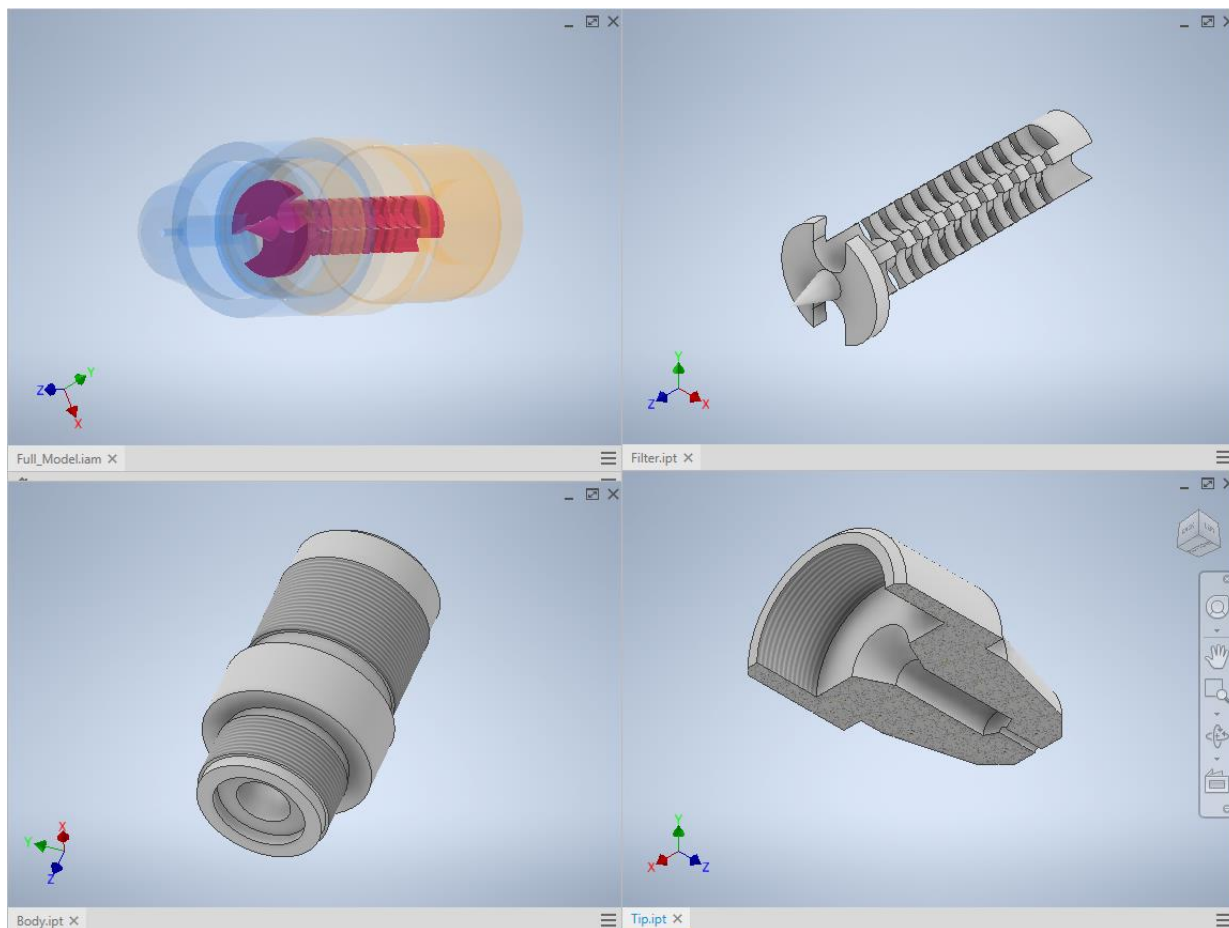


Рис. 4.10 – Виконана 3D-модель та її компоненти

4.4.3 Розрахунок модернізованої моделі в системі Ansys

Для проведення розрахунків розробленої 3D-моделі оптимально підходить програмне забезпечення Ansys, яке має зручний інтерфейс та широкий набір інструментів. У процесі розробки застосовувалися модулі системного аналізу Static Structural та Steady-State Thermal.

1. Спочатку, після запуску програми, створюються необхідні розрахункові середовища для роботи. Перед цим потрібно експортувати .iam-файл 3D-моделі з Inventor, що є сумісним із Ansys, а потім додати його в підрозділ Model:

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

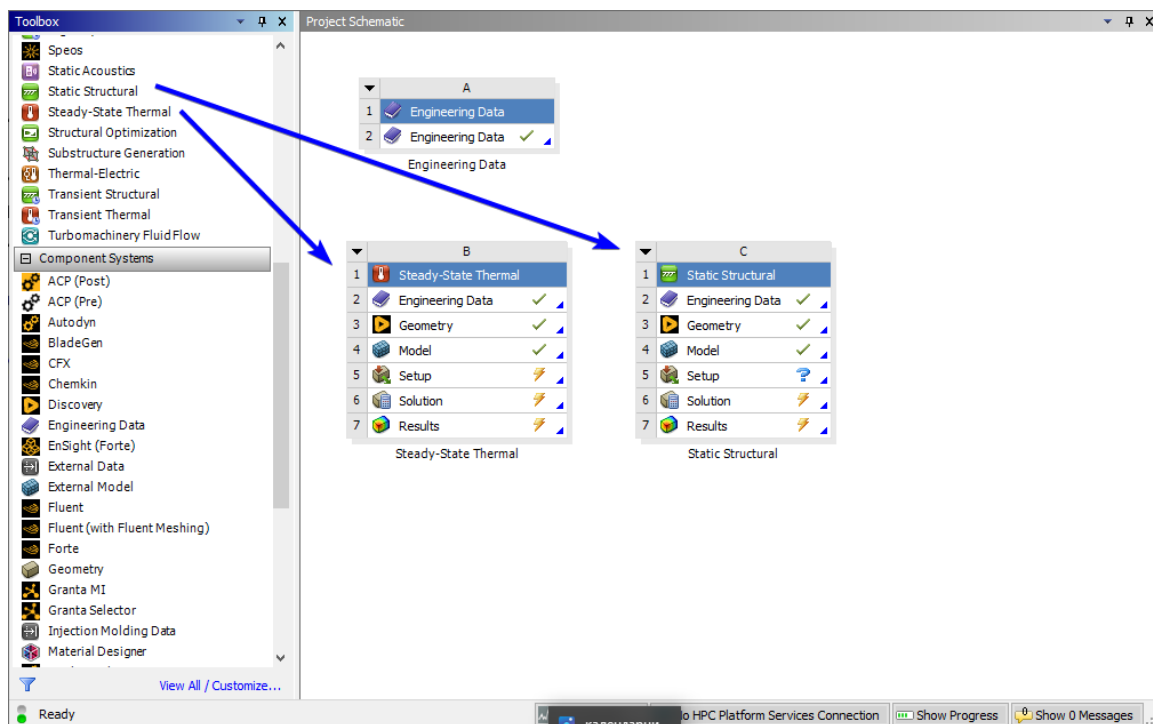


Рис. 4.11 – Формування середовища для подальших розрахунків

2. Для зручного та коректного накладання навантажень і температур використовуємо інструмент "Section Plane" для умовного розділення моделі навпіл:

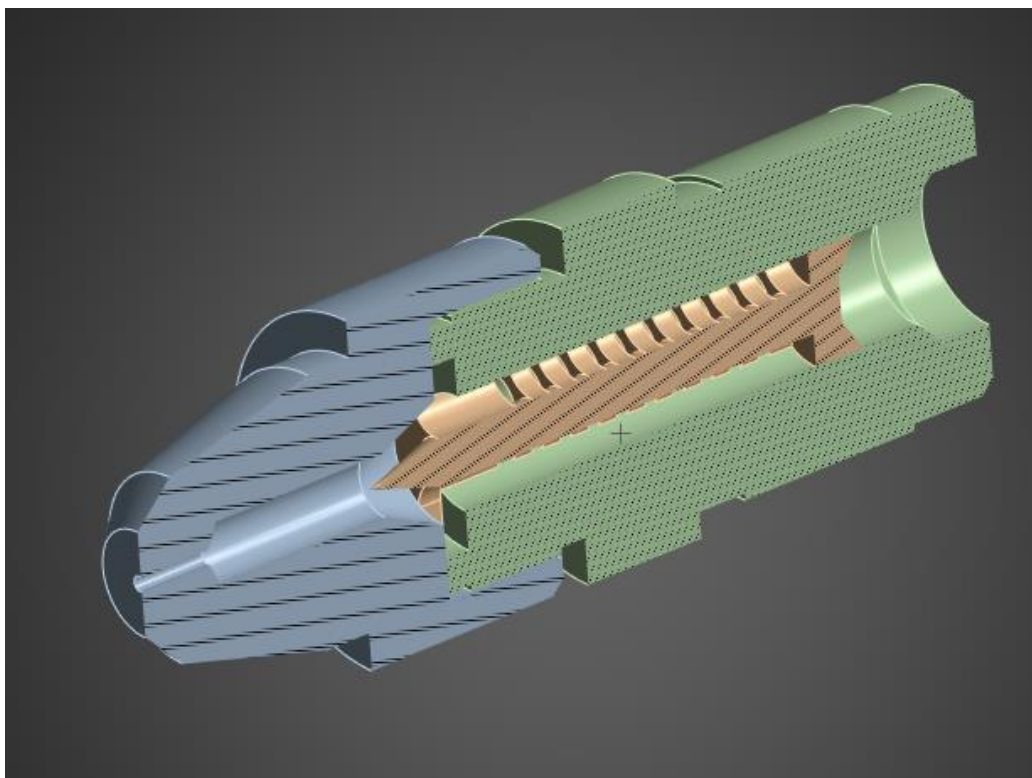


Рис. 4.12 – Імпортована модель в системі Ansys

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3. Модель створено, далі за допомогою доступних інструментів у розділі Mesh формуємо сітку скінченних елементів:

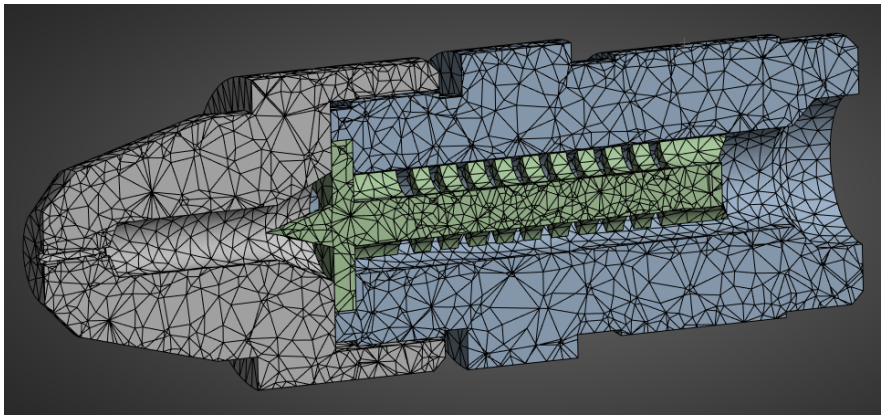


Рис. 4.13 – Скінченно-елементна сітка модернізованої моделі
кількість вузлів – 52909; кількість скінченних елементів – 31225

4. У розділі Steady-State Thermal задаємо температури для елементів конструкції. Відповідно до попередніх теплових розрахунків, маємо наступні вхідні дані:

- температура полімерного розплаву: $t_{п} = 135^{\circ}\text{C}$;
- температура навколишнього середовища (повітря): $t_{н.с.} = 20^{\circ}\text{C}$.

Встановлюємо відповідні параметри температури для подальшого розрахунку:

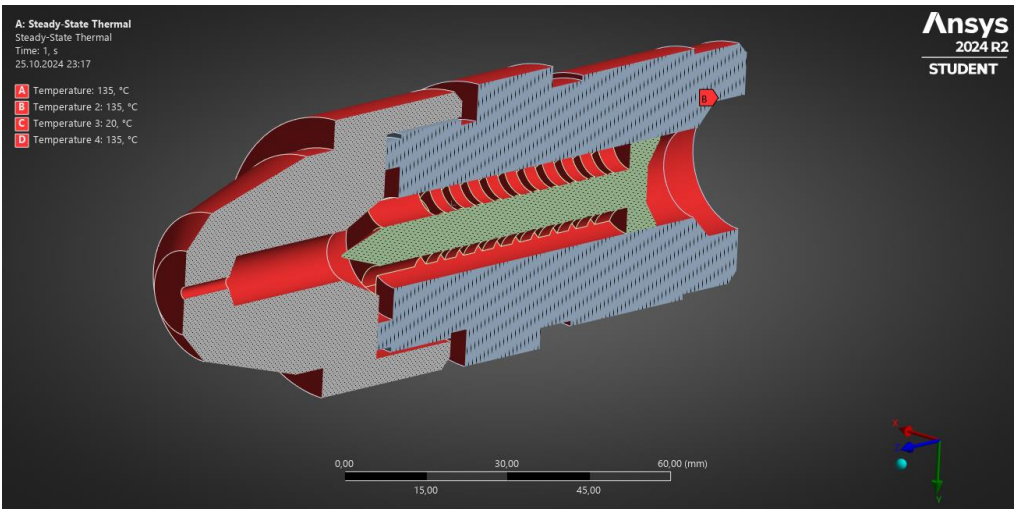


Рис. 4.14 – Задані компоненти температури в Stady-State Thermal

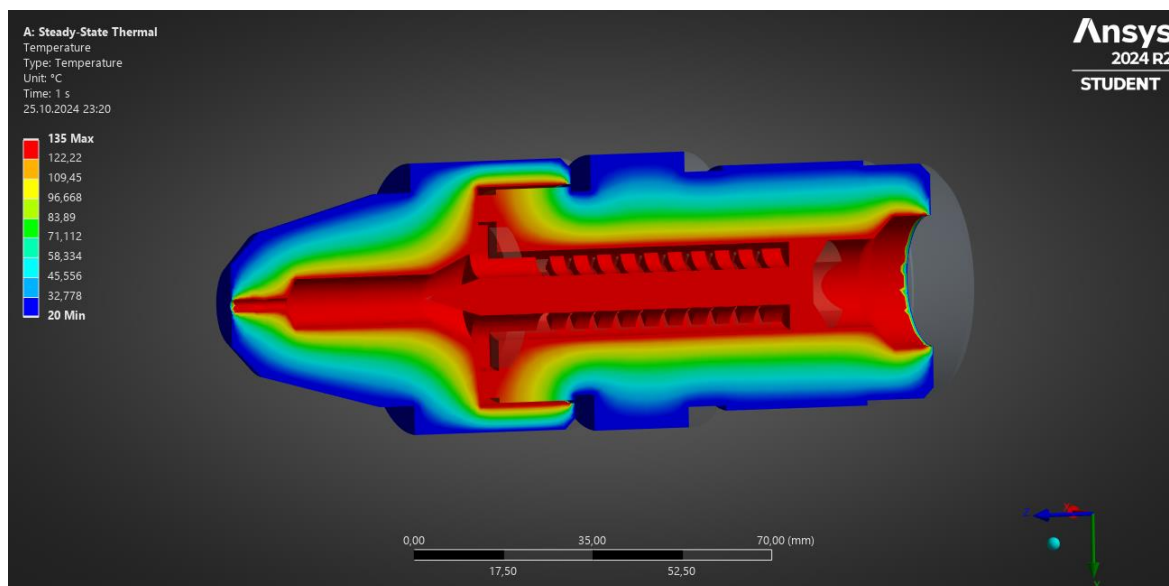


Рис. 4.15 – Результат розподілу температури (Temperature)

5. Перед тим як організувати розрахунок в розділі Static Structural, потрібно виконати ланцюжок взаємозмінних даних, які будуть впливати на кінцевий результат, що дозволить нам провести розрахунки коректно:

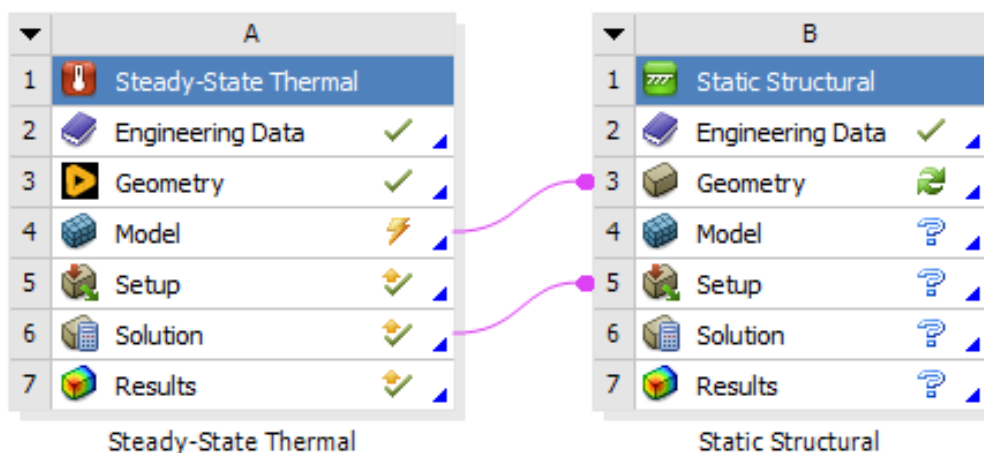


Рис. 4.16 – З'єднані середовища в Workbench

6. Наступним кроком є створення закріплень, прикладання сил у розділі Static Structural та отримання результатів розрахунку:

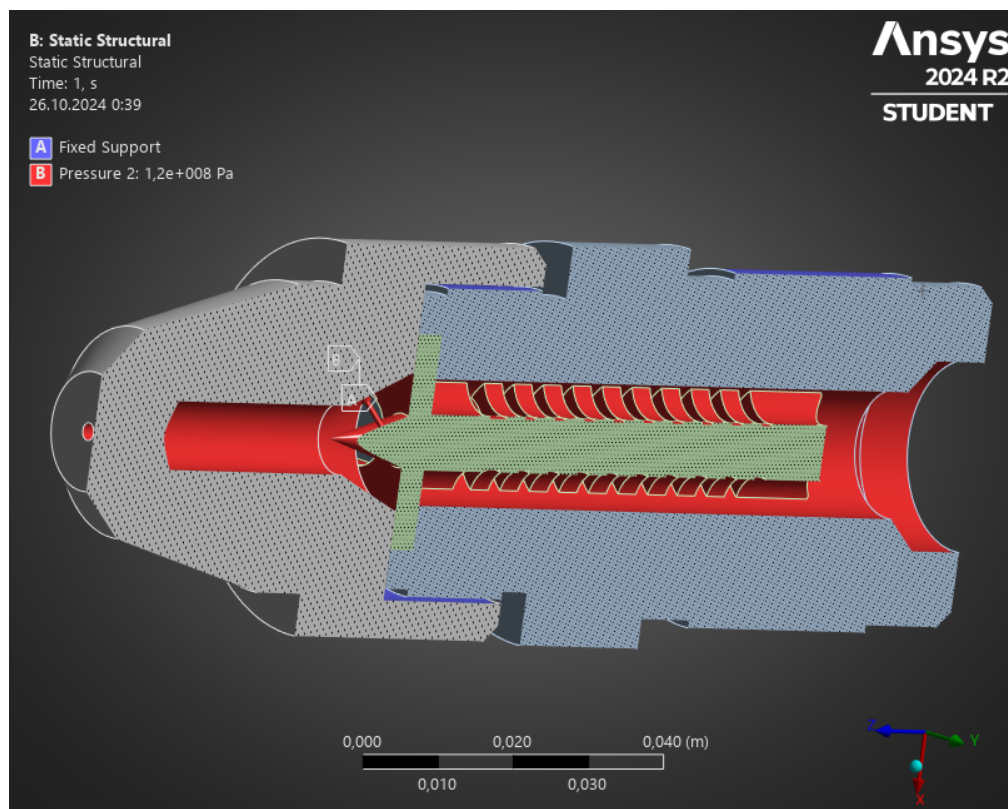


Рис. 4.17 – Закріплення та сили, що діють на тіло

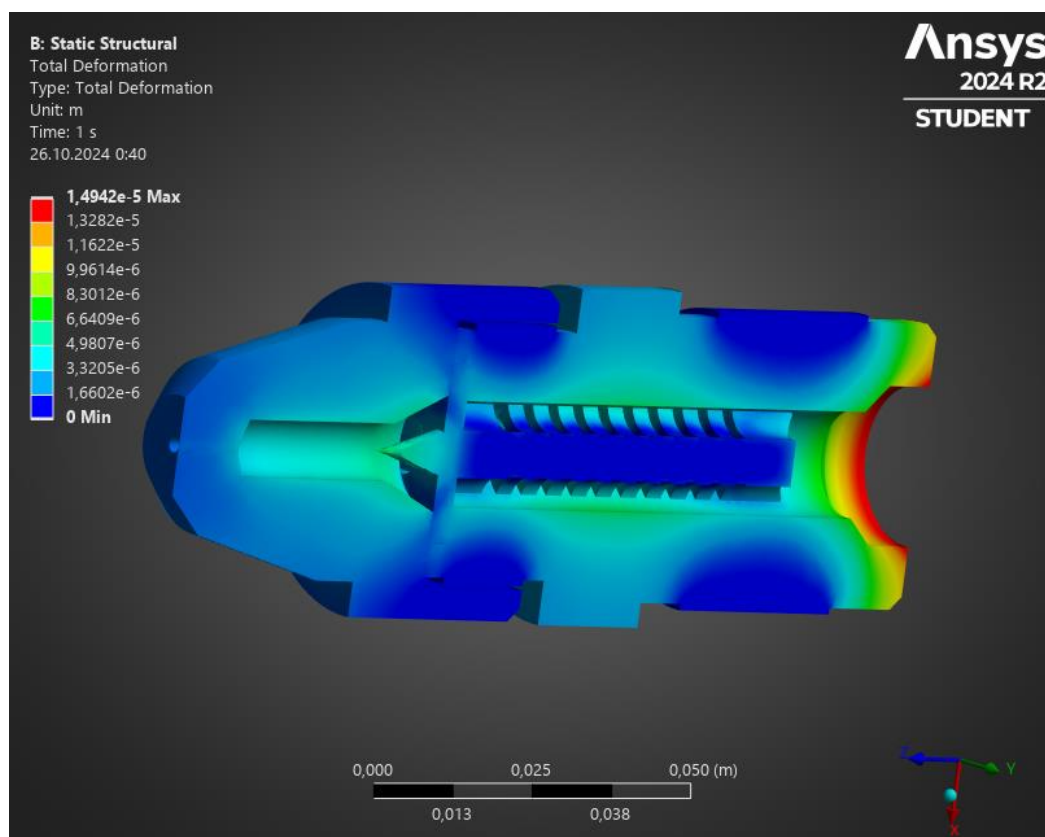


Рис. 4.18 – Загальні деформації (Total Deformation)

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

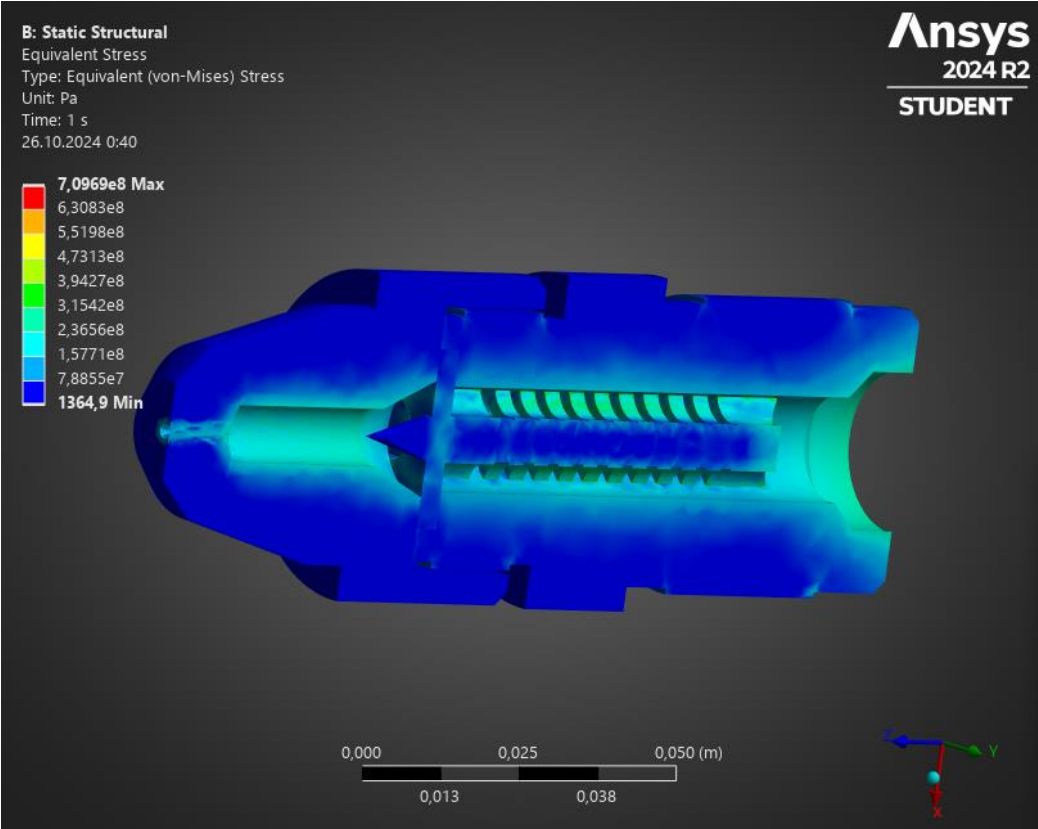


Рис. 4.19 – Еквівалентні напруження за Мізесом (Equivalent Stress)

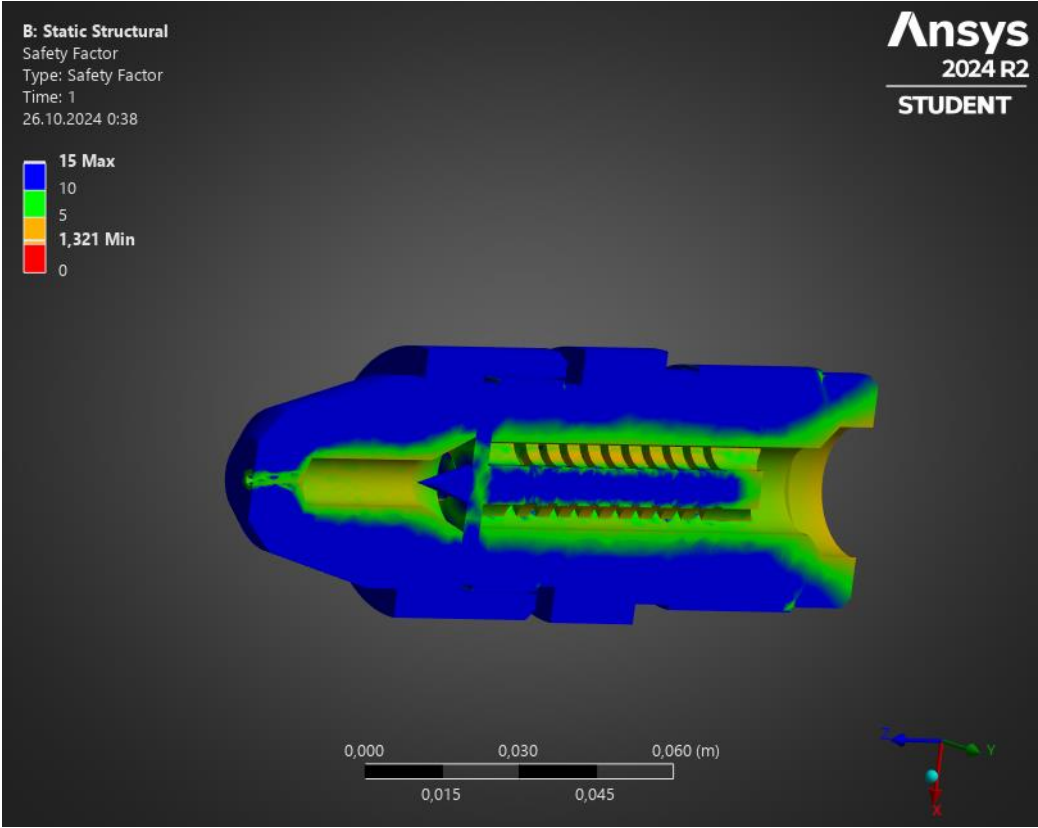


Рис. 4.20 – Запас міцності (Safety Factor)

4.4.4 Розрахунок базової моделі в системі Ansys

Після створення моделі модернізованої конструкції сопла, відповідно як й до розділу 4.4.3 проводимо подібні дії для подальшого розрахунку базового елемента. Результати виглядають наступним чином:

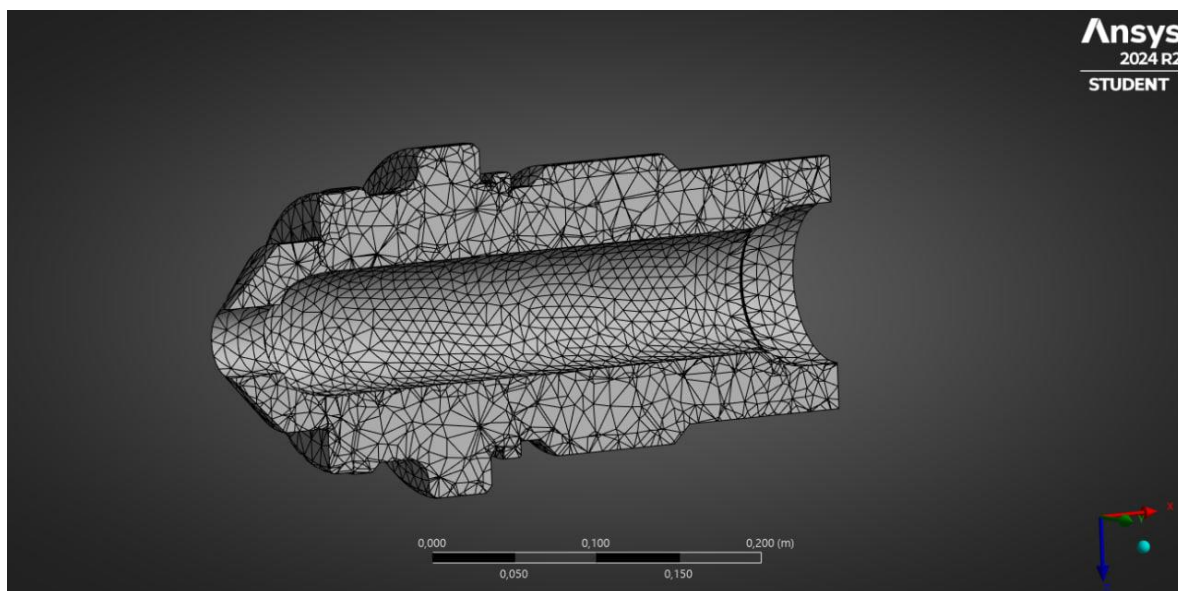


Рис. 4.21 – Скінченно-елементна сітка базової моделі
кількість вузлів – 51516; кількість скінченних елементів – 28760

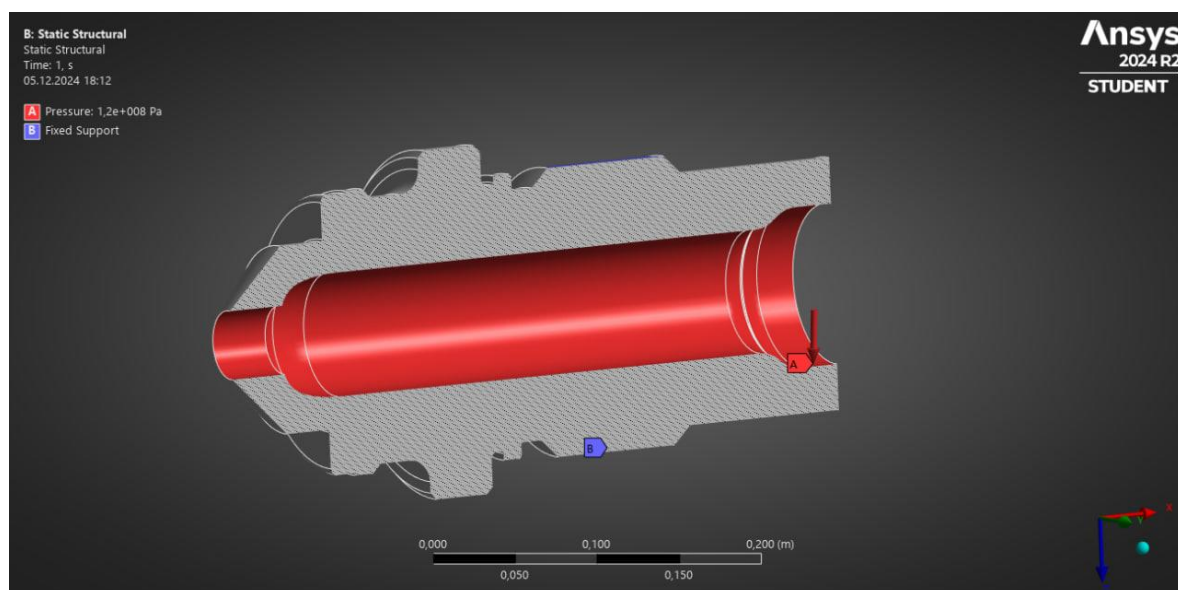


Рис. 4.22 – Закріплення та сили, що діють на тіло

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

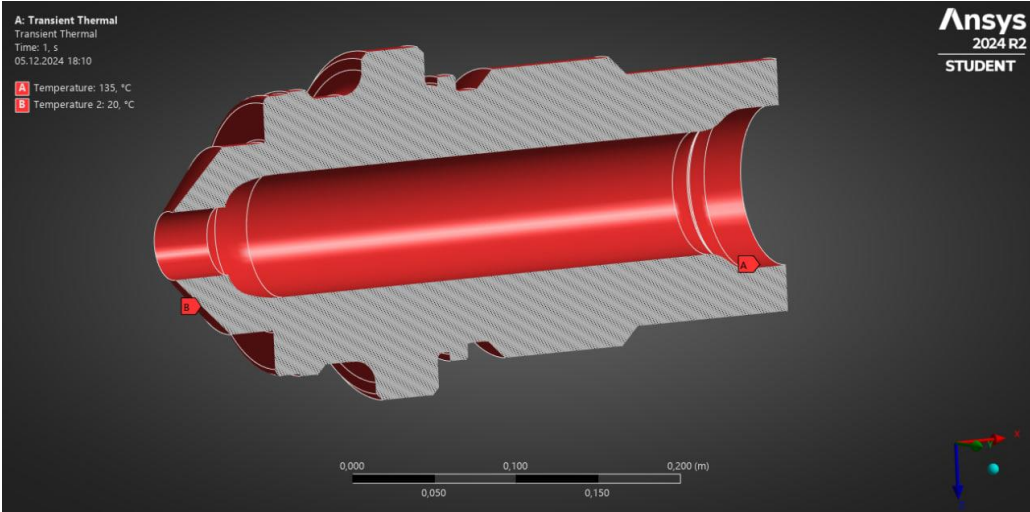


Рис. 4.23 – Задані компоненти температури в Stady-State Thermal

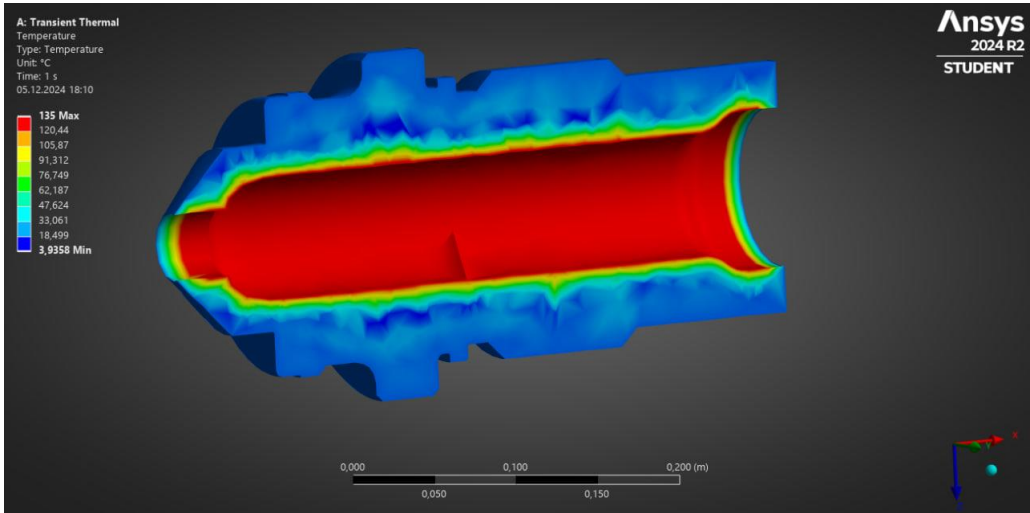


Рис. 4.24 – Результат розподіу температури (Temperature)

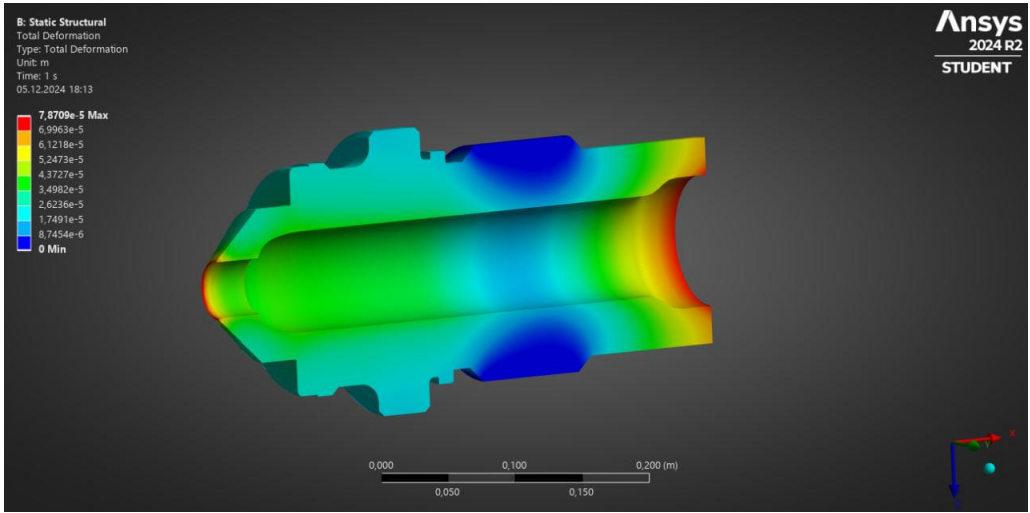


Рис. 4.25 – Загальні деформації (Total Deformation)

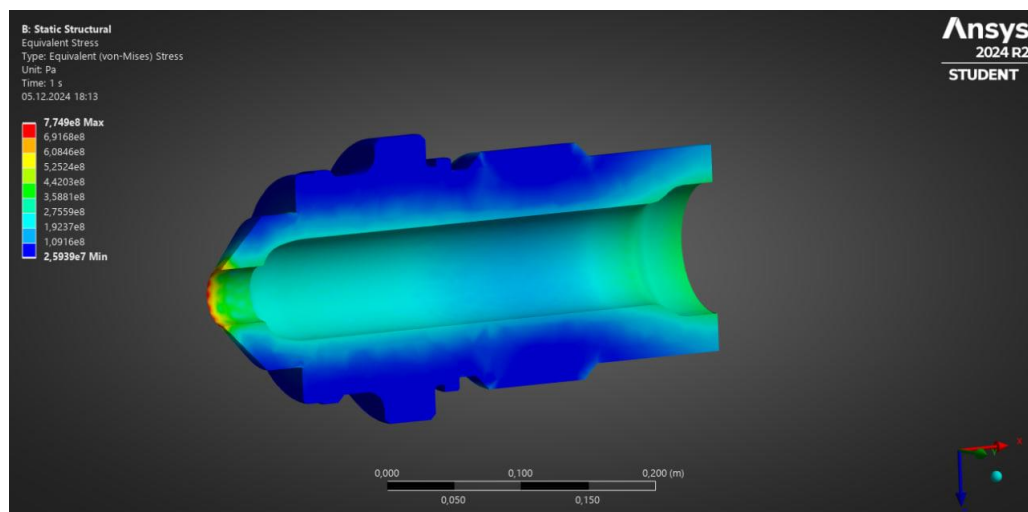


Рис. 4.26 – Еквівалентні напруження за Мізесом (Equivalent Stress)

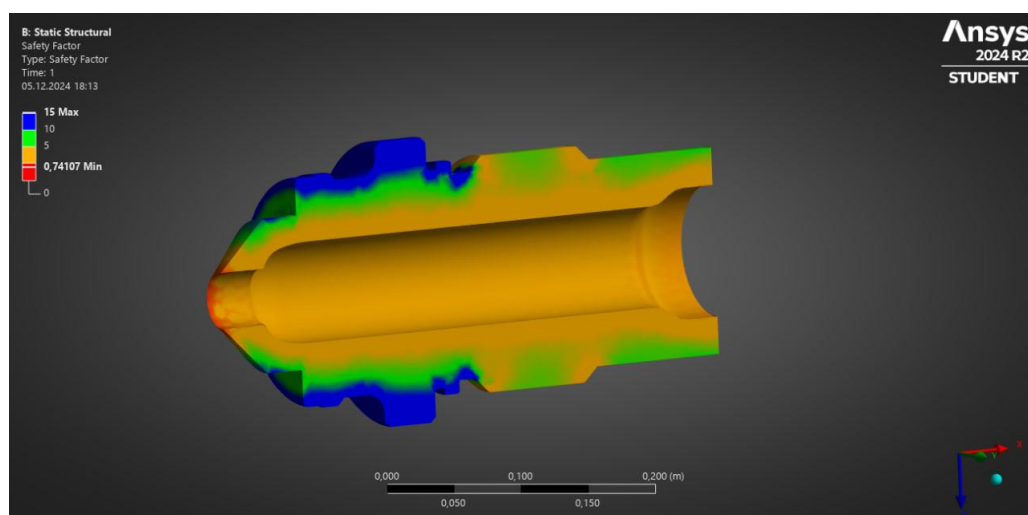


Рис. 4.27 – Запас міцності (Safety Factor)

Отримання результатів розрахунків вказує, що термічний вплив майже не вплинув на деформацію моделей, окрім того, модернізована конструкція стала більш точною, так як сітка нескінченних елементів є більш достовірною. При порівняння факторів Static Structural, можемо зазначити вагомій відмінності запасу міцності, еквівалентних напружень та загальних деформацій. Розроблене базове сопло поступається в характеристиках модернізований, що доводить доцільність використання оновленої конструкції при зазначених навантаженнях. Завдяки запасу міцності оновлена конструкція може витримувати навіть більші навантаження.

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

4.4.5 Розрахунок важелю механізму запирання в системі Ansys

Для оцінки міцності одного з важелів механізму запирання машини для лиття під тиском виконаємо розрахунок навантаження, що діють на всі елементи механізму запирання в умовах інжекції розплаву матеріалу у прес-форму. В процесі роботи механізму на важіль передається сила, яка є наслідком дії тиску розплаву на поверхню деталі. Навантаження P виникає через внутрішній тиск коли відбувається момент інжекції у форму. Коли матеріал зіштовхується зі стінками форми та важелями механізму запирання, тиск розподіляється на контактні поверхні, що генерує зусилля у вигляді сили, яка діє на конструкцію. Ця сила є результатом такої взаємодії, причому частина цієї сили передається відповідно й на такі елементи як важіль.

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал: легрована сталь 34Н3МА (AISI 4340);
- сила навантаження : $P = 3,485 \cdot 10^6$ Па;
- довжина, ширина та товщина деталі: $0,482 \times 0,147 \times 0,06$ м ($L \times W \times T$);
- отвір в центрі нижньої частини: $d = 0,03$.

Розрахунок загальної площі поверхні деталі:

$$A_{\text{загальна}} = L \cdot W = 0,482 \cdot 0,147 = 0,07085 \text{ м}^2 \quad (4.120)$$

Площа отвору:

$$A_{\text{отвору}} = \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 3,14 \cdot \left(\frac{0,03}{2}\right)^2 = 0,0007065 \text{ м}^2 \quad (4.121)$$

Ефективна площа, на яку діє тиск:

$$\begin{aligned} A_{\text{ефективна}} &= A_{\text{загальна}} - A_{\text{отвору}} = 0,07085 - 0,0007065 = \\ &= 0,0701435 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (4.122)$$

Сила, що виникає від тиску інжекції:

$$F = P \cdot A_{\text{ефективна}} = 3,485 \cdot 10^6 \cdot 0,070135 = 244420 \text{ Н} \quad (4.123)$$

З отриманих значень, проводимо наступні розрахунки:

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

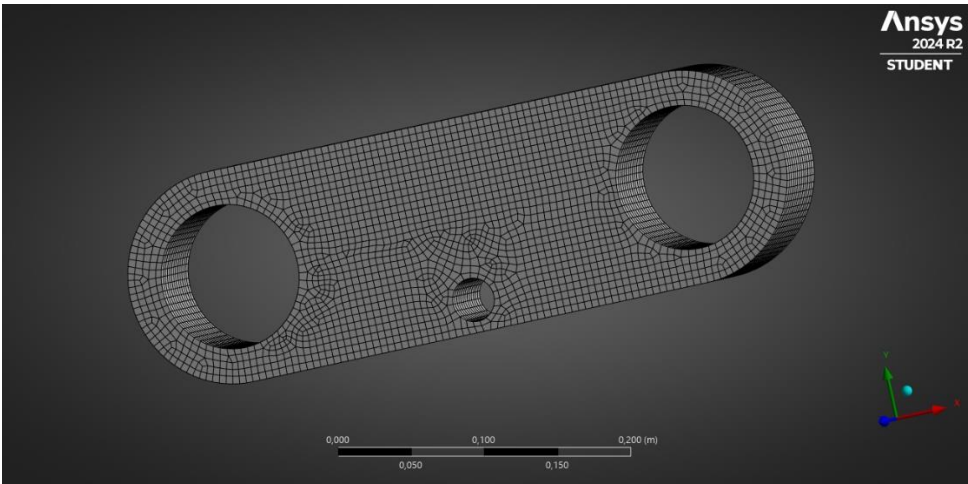


Рис. 4.28 – Сітка нескінченних елементів (Mesh)

кількість вузлів – 124228; кількість скінченних елементів – 27612

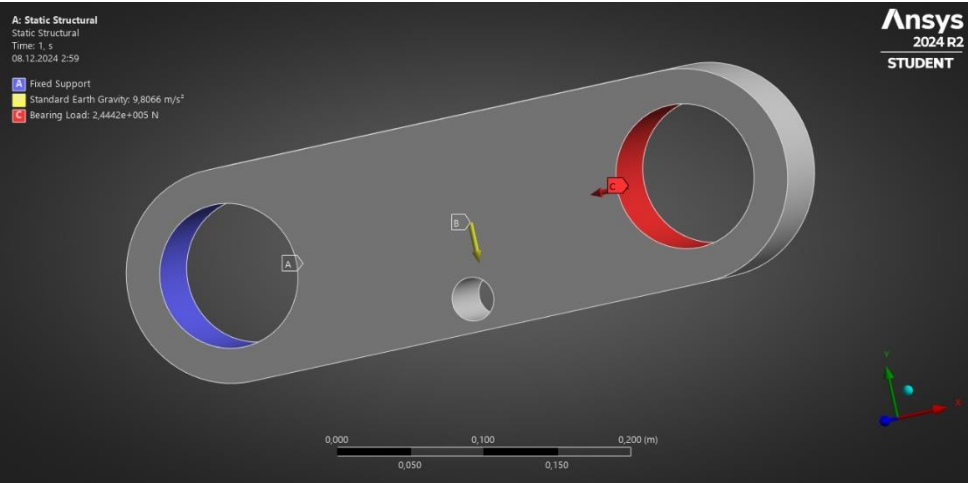


Рис. 4.29 – Розподілені навантаження (Static Structural)

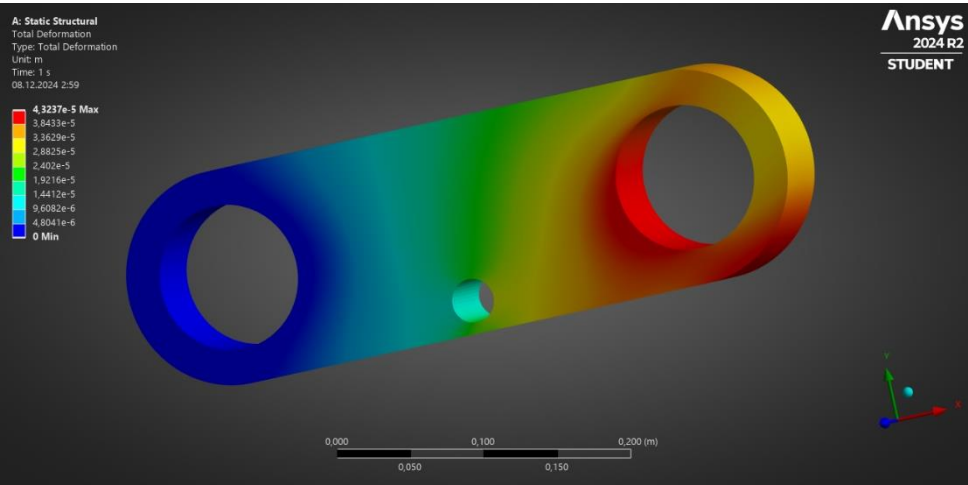


Рис. 4.30 – Загальні деформації (Total Deformation)

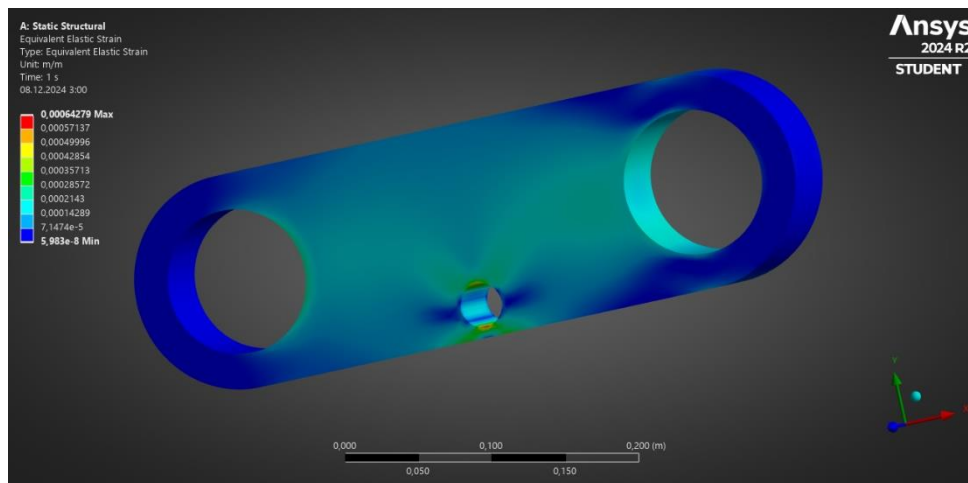


Рис. 4.31 – Еквівалентні напруження за Мізесом (Equivalent Stress)

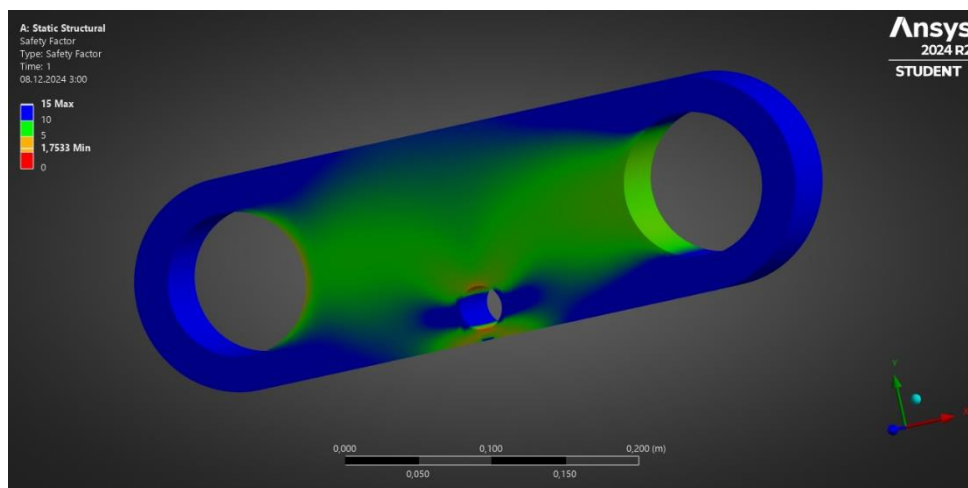


Рис. 4.32 – Запас міцності (Safety Factor)

Цей розрахунок є критично важливим для визначення міцності одного з важелів механізму запирання. Важіль повинен витримувати максимальне навантаження, яке виникає під час роботи устаткування, й має забезпечувати стабільне утримання напівформ під впливом зазначених сил. Проведений аналіз показав, що запас міцності має відмінний показник, а еквівалентні напруження за Мізесом та загальні деформації залишаються в межах допустимих значень. Це забезпечує надійну та безпечну роботу конструкції у зазначених умовах.

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

4.4.6 Очікувані механіко-економічні показники

Запровадження вдосконаленої конструкції сопла для машин лиття під тиском має сприяти значному покращенню якості продукції та підвищенню ефективності виробничих процесів за рахунок:

- покращення фільтрації та змішування пластмаси завдяки системі потрібної фільтрації, що зменшить дефекти продукції, підвищить її якість і зменшить відсоток браку;
- оптимізації швидкості потоку розплаву через вузький зазор між напрямним конусом і прямою камерою, що скоротить час виробничого циклу та зменшить енергоспоживання;
- забезпечення стабільної якості кінцевих виробів для застосувань з високими вимогами до точності та однорідності матеріалу;
- зменшення витрат на додаткове очищення та обслуговування завдяки впровадженню зручної системи фіксації та заміни окремих компонентів сопла;
- зменшення зношення компонентів машин за рахунок рівномірного розподілу потоку матеріалу.

Також використання цієї конструкції сопла дозволить підприємствам досягти економії за рахунок:

- зниження кількості браку продукції;
- скорочення часу виробничого циклу;
- зменшення витрат на технічне обслуговування;
- підвищення довговічності обладнання.

Таким чином, запропоноване конструктивне рішення є ефективним з точки зору механіко-економічних показників і має перспективу широкого впровадження у виробничих процесах з високими вимогами до якості продукції.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

4.4.7 Підсумок проведених розрахунків

У загальному розділі розрахунків були проведені комплексні обчислювання, що підтверджують працездатність машини для лиття під тиском та її компонентів. Були проведені такі розрахунки: параметричні обчислення, параметри черв'яка, продуктивність, кількість гнізд прес-форми, довжина рухомої частини, розрахунок ливникової системи, параметри приводів обертального і поступового рухів черв'яка. Також виконано теплові розрахунки системи охолодження прес-форми та розрахунки на міцність і жорсткість наконечника та черв'яка. Крім того, були здійснені обчислення за допомогою обчислювальних систем AutoLISP, Autodesk Inventor та Ansys, що дозволило розробити базові 3D-моделі та провести моделювання модернізованих конструкції й підтвердити їхні переваги.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ

Монтаж і експлуатація є наступним етапом виконання магістерської дисертації. Даний розділ забезпечує детальний розгляд будь-якої технічної системи, в тому числі й машин для лиття під тиском. Подальшою метою буде опис процесу складання основного вузла машини на основі попередньо розробленої конструкторської та технічної документації. У цьому контексті розглядаються ключові аспекти [44], пов'язані із розробкою технологічної схеми збирання вузла, створенням операційної карти з детальним описом послідовності операцій, використанням обладнання та визначенням необхідного часу для виконання кожного етапу.

Крім того, буде розроблено монтаж машини на фундаменті, що включає розробку схеми фундаментних бовтів, послідовності встановлення основних елементів конструкції. На завершення розділу буде наведено особливості експлуатації машини, зокрема, схему змащення, таблицю точок змащення з зазначенням мастильних матеріалів та періодичності їх використання.

5.1 Технологія збирання вузла машини

Збирання вузла машини, це технологічний процес поетапного з'єднання окремих деталей машини в більші складальні одиниці, в кінцевому підсумку утворює повноцінну функціональну одиницю. У випадку машини для лиття під тиском збірка гідравлічного затискного циліндра (рис. 5.1) може здійснюватися в певній послідовності операцій (рис. 5.2).

Основні етапи процесу складання включають збірку окремих деталей в складальну одиницю (підсборку), загальну збірку для подальшої збірки і сполучення для забезпечення точного взаємного розташування деталі або складального елемента.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Для складання гідравлічного затискного циліндра використовується технологічна схема. У ній детально описані етапи роботи, порядок виконання і необхідне обладнання.

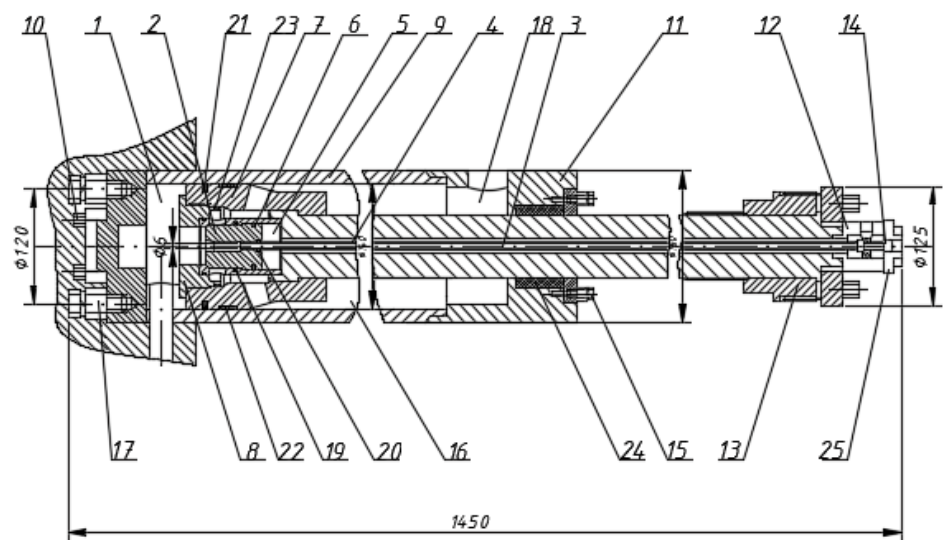


Рис. 5.1 – Гідравлічний затискний циліндр

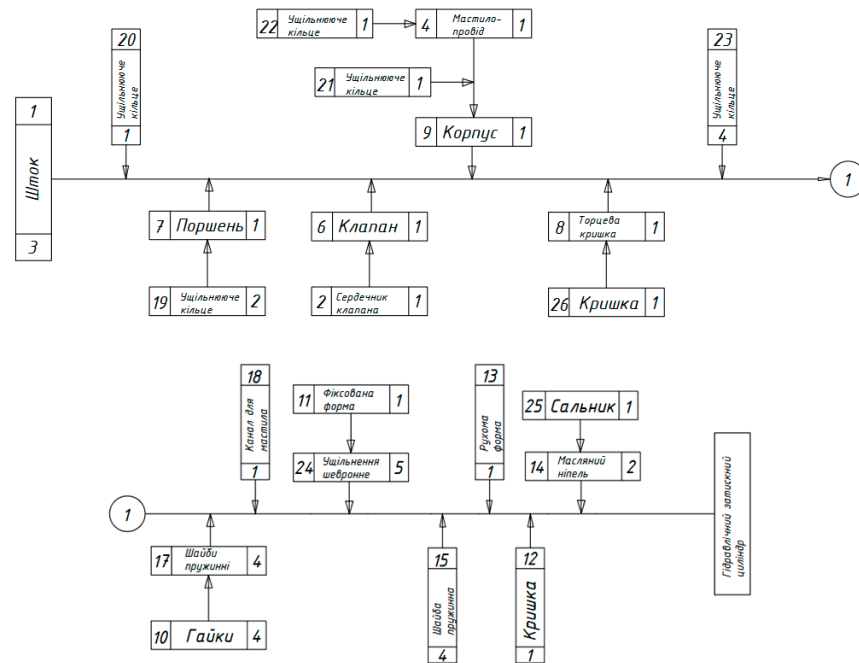


Рис. 5.2 – Схема сборки

Після визначення схеми збирання та створення креслення гідравлічного затискного циліндра, розробляються операційні карти (рис. 5.3), які

деталізують послідовність виконання кожного етапу процесу збирання. У цих картах визначено перелік необхідних операцій, використання відповідного обладнання та інструментів, а також зазначено орієнтовний час для виконання кожної з операцій.

[illegible]

Рис. 5.3 – Операційні карти

5.2 Монтаж машини на фундаменті

Монтаж машини для лиття під тиском на фундаменті є наступним етапом введення обладнання в експлуатацію. Фундамент виступає опорним елементом, який передає навантаження від маси обладнання та динамічних сил, що виникають під час роботи, на ґрунт. Він має бути розрахований таким чином, щоб витримувати всі експлуатаційні навантаження, мінімізувати вібрації та забезпечувати стійкість машини.

					ЛПЗ1мн.167243.01-70ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Виготовлення фундаменту починається з плану точного розміщення фундаментних бовтів (рис. 5.4). Для закріплення машини ці елементи фіксують у спеціальних колодязях, після чого заливають спеціальним розчином. При монтажі важкого обладнання можуть використовуватися анкерні болти з анкерними плитами.

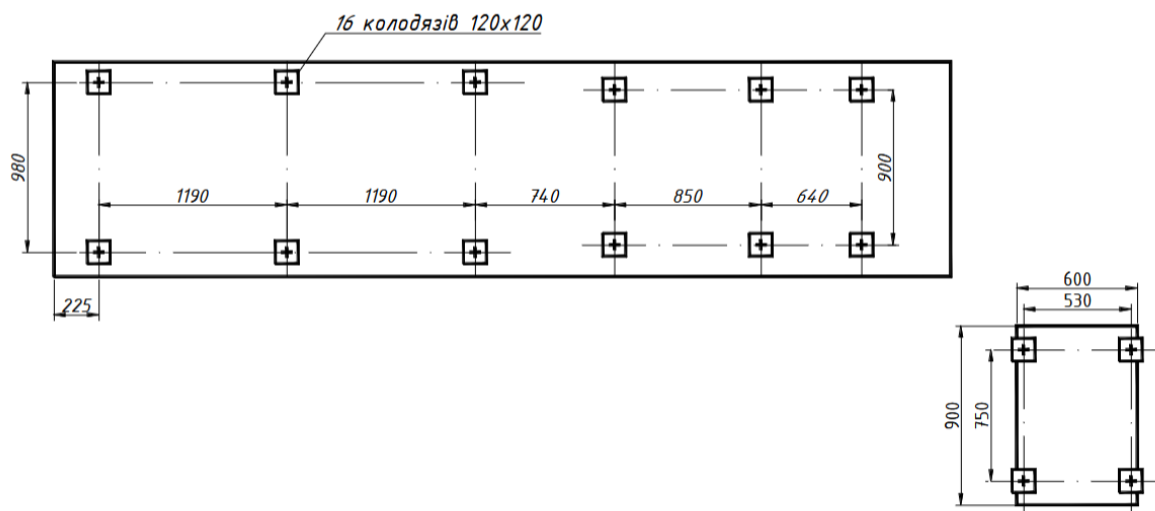


Рис. 5.4 – План розміщення фундаментних бовтів

Процес монтажу починається з установки основних елементів машини: вузла запирання, вузла інжекції та електрошафою (рис. 5.5). Це дозволить досягти точної горизонтальності основи перед остаточним закріпленням. Ключовим етапом є також створення операційної карти монтажних робіт (рис. 5.6). Станину з вузлом запирання або вузлом інжекції слід застропити, підняти, встановити на фундаментні бовти, закріпивши їх шайбами та гайками, після чого опустити на конкретне місце. Шафа електроуправління встановлюється аналогічно: після підйому її розташовують на фундаментні бовти, надягають шайби, наживляють гайки та розміщують на місці. Підключають шланги гідросистеми до гідронасоса й двигуна, встановлюють манометри, заземлюють машину, підключають її до електромережі, фарбують і виконують пробний пуск.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67



Рис. 5.6 – Операційна карта монтажних робіт

					ЛПЗ1мн.167243.01-70ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Експлуатація машини для лиття під тиском

Експлуатація машин для лиття під тиском проводиться з урахуванням вимог до технічного обслуговування. Карта змащення таких устаткувань складається з графічної схеми (рис 5.7), яка показує місця змащення, та таблиці (рис. 5.8), що уточнює тип мастила, методи його застосування і періодичність обслуговування.

Перед введенням машини в експлуатацію проводять пускові роботи, які починаються із загального огляду обладнання, перевірки правильності монтажу, герметичності гідравлічних і пневматичних систем, а також випробувань вузлів тертя на нагрівання. Для цього машину прокручують вручну або запускають на холостий хід, перевіряючи справність змащувальних систем і відсутність сторонніх шумів або вібрацій. Після успішного пробного пуску виконують випробування під навантаженням, яке поступово збільшують до номінального. Обкатка машини під навантаженням триває 24–72 години, під час якої особливу увагу приділяють роботі гідравлічних систем, стабільності робочого тиску та температурному режиму вузлів тертя.

Для забезпечення безпечної експлуатації машини необхідно дотримуватись правил техніки безпеки. У випадку виявлення несправностей під час роботи або обкатки, машину слід негайно зупинити, провести діагностику і усунути дефекти. Заміна мастила, очищення системи і інші види профілактичного обслуговування повинні виконуватись у суворій відповідності до затвердженого графіка, що складається на основі рекомендацій виробника.

Ефективна експлуатація машин для лиття під тиском дозволяє забезпечити високу якість продукції, мінімізувати витрати на ремонт і знизити ризик аварійних ситуацій, тим самим продовжуючи термін служби обладнання.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01– 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

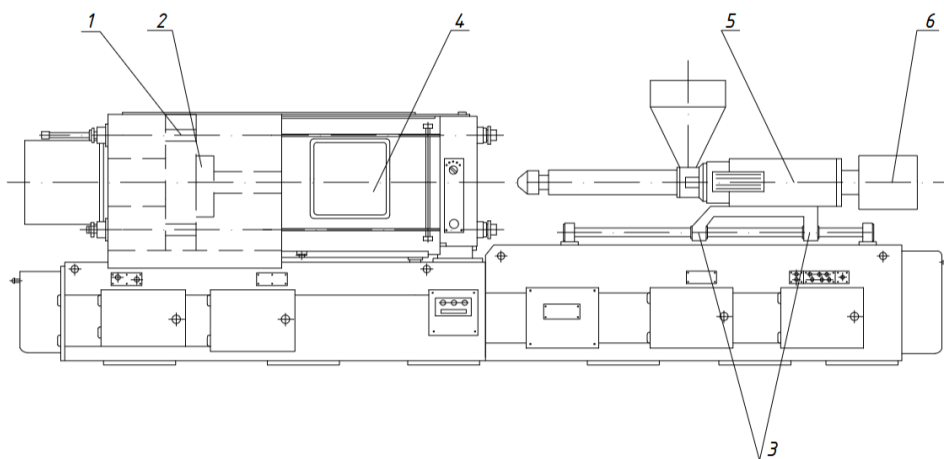


Рис. 5.7 – Схема змащування вузлів

№ позиції	Найменування і позначення змащувального вузла	Найменування змащувального матеріалу	К-сть точок змащування	Спосіб нанесення мастила	Періодичність
1	Плита проміжна	Солідол М та 30 мастило індустріальне ГОСТ 20799-88	4	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
2	Засувка	Солідол М та 30 мастило індустріальне ГОСТ 20799-88	4	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
3	Салаки механізму інжекції	Солідол М та 30 мастило індустріальне ГОСТ 20799-88	4	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
4	Рухома плита	Солідол М та 30 мастило індустріальне ГОСТ 20799-88	8	З'єднання змащуються за допомогою пресмастилок	Перший раз після місяця експлуатації, потім 1 раз на 6 міс.
5	Вузол опірної підшипника	Масло ТАП-15 ГОСТ 23652-79	3	До місць змащування мастило потрапляє по системі вимушеного змащування від насоса	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
6	Опора валу	УС-3(Т) ГОСТ 1033-79	2	Потрібно заповнити порожнину корпусу підшипника на 2/3	Зміну мастил проводити один раз на 6 міс.
7	Підшипники електродвигунів	Відповідно до інструкції заводу виробника			

Рис. 5.8 – Таблиця змащування машини

5.4 Висновки розділу

В розділі «Монтаж і експлуатація» було детально розглянуто процес складання основних вузлів машини, включаючи розробку технологічних схем, операційних карт і визначення послідовності дій. Наведено послідовність монтажу на фундаменті, зокрема встановлення основних елементів конструкції. Також було приділено увагу до підрозділу експлуатації, зокрема правилам технічного обслуговування та схемам змащення.

6 СТАРТАП-ПРОЕКТ

Зміст розділу передбачає розроблення та зосередження на маркетингових аспектах створення стартапу з використанням відповідної літератури [34-43], включаючи: вибір ідеї, проведення технологічного аудиту проекту, аналізу запуску стартап-проекту, розроблення ринкової стратегії та маркетингової програми й підведення підсумків. Це дозволить не лише оцінити можливості впровадження стартапу, а й запропонувати шляхи його успішного функціонування на ринку.

6.1 Ідея стартап-проекту

Основна ідея стартап-проекту (табл. 6.1) полягає у впровадженні та розробленні інноваційних рішень. Даний проект матиме наступну назву: «ExtCon» (рис. 6.1).

Модернізоване сопло (р. «4.4 Розрахунки за допомогою обчислювальних систем») є одним з вагомих проведених аналізів рішень компанії для машин лиття під тиском. Інновація полягає у впровадженні корисної моделі інжекційного механізму з потрібною фільтрацією для очищення матеріалів, удосконалення конусом для стабільного потоку та універсальністю, що забезпечує точність й однорідність матеріалів, роблячи її масштабованою для різних промислових секторів. Комерціалізація цього рішення буде реалізована через два основні напрямки: масове виробництво модернізованих сопел для інтеграції в серійні моделі машин лиття під тиском та надання послуг з адаптації цієї технології для існуючих виробничих ліній замовників.

					ЛПЗ1мн.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 6.1 – Логотип, назва та гасло проекту

Кожен проект повинен мати унікальні ідентифікаційні символи, які водночас є простими, зрозумілими та легко запам'ятовуються клієнтами. Враховуючи сучасні тенденції мінімалізму, для цього проекту було розроблено лаконічний дизайн, що представлено на рисунку 6.1. Логотип, назва та гасло відображають ключові цінності проекту та забезпечують його впізнаваність серед цільової аудиторії.

Таблиця 6.1 – Опис ідеї-стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розроблення та впровадження модернізованих сопел в машини для лиття під тиском з подальшою комерціалізацією через масове виробництво та адаптацію під потреби клієнтів.	1. Автомобілебудування, електроніка, пакувальна промисловість, медична техніка, виробництво побутових товарів.	Підвищення якості виробів; стабільність та однорідність матеріалу; зменшення відходів і витрат на виробництво.
	2. Виробництво деталей зі складною геометрією, які потребують високої точності та чистоти матеріалу.	Зменшення кількості браку; скорочення часу циклу виробництва; можливість виготовлення продукції для галузей із високими вимогами.
	3. Підприємства, які використовують серійне виробництво пластикових виробів із високими технічними та естетичними характеристиками.	Економія енергії; довговічність обладнання; підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку.

Модернізоване сопло інжекційного механізму є інноваційним рішенням, що має низку техніко-економічних переваг порівняно з існуючими аналогами на ринку. Проведення подальшого аналізу дозволить виділити

ключові характеристики, конкурентне середовище та оцінити відмінності проекту.

1. Техніко-економічні властивості та характеристики ідеї:

Розглянемо основні властивості розробленого сопла:

- система потрібної фільтрації забезпечує видалення домішок із розплаву, що підвищує чистоту та однорідність пластику;
- оптимізований напрямний конус стабілізує потік матеріалу, зменшуючи час виробничого циклу;
- універсальність конструкції підходить для роботи з різними типами матеріалів і прес-форм;
- зменшення витрат, економія сировини та енергоресурсів завдяки зменшенню кількості браку;
- довговічність конструкції та підвищена стійкість до зношення забезпечує довший термін служби порівняно з базовими моделями.

2. Визначення попереднього кола конкурентів:

До основних конкурентів належать сучасні моделі машин для лиття під тиском (р. 1 «Комплексний огляд машин для лиття під тиском»), характеристики інжекційного механізму якого, дає нам чітке уявлення про технічні аспекти сопел, що використовуються в даному устаткуванні [4-5].

Nissei FNX110III забезпечує високий тиск інжекції, але поступається універсальністю та адаптивністю до складних умов.

TR-188PVC має більшу силу затиску, однак вимагає більше енергії для роботи, що підвищує експлуатаційні витрати.

Базове сопло характеризується простотою конструкції, але має недоліки у фільтрації та змішуванні пластику, що обмежує якість кінцевого виробу.

3. Порівняльний аналіз техніко-економічних показників:

За проведеною оцінкою за ключовими характеристиками (табл. 6.2), модернізоване сопло демонструє очевидні переваги у сфері фільтрації, стабільності потоку, універсальності та довговічності. Основні сильні

					ЛПЗ1мп.167243.01-70ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сторони проекту забезпечують його конкурентоспроможність у порівнянні з сучасними рішеннями. Незважаючи на середню вартість, дане рішення оптимізує енергоспоживання та зменшує експлуатаційні витрати, що робить його вигідним для підприємств із серійним виробництвом пластикових виробів.

Таблиця 6.2 – Визначення сильних (S), слабких (W) та нейтральних (N) характеристик ідей проекту

№ п/п	Техніко-економічна характеристика	товари конкурентів				Оцінка		
		Модернізоване сопло	Nissei FNХ110III	TR-188PVC	Базове сопло	W	N	S
1.	Ступінь очищення потоку	Видаляє частки до 5мкм	Видаляє частки до 20 мкм	Видаляє частки до 15 мкм	Видаляє частки до 50 мкм			+
2.	Стабільність потоку	Відхилення витрати $\pm 1\%$ від номінального значення	Відхилення витрати $\pm 2\%$	Відхилення витрати $\pm 5\%$	Відхилення витрати $\pm 10\%$			+
3.	Галузева універсальність	Широкий спектр застосувань	Обмежений	Обмежений	Обмежений			+
4.	Тривалість безперебійної роботи	10000 годин без обслуговування	5000 годин без обслуговування	7000 годин без обслуговування	3000 годин без обслуговування			+
5.	Енергоефективність	8 кВт·год/кг матеріалу	6 кВт·год/кг матеріалу	5 кВт·год/кг матеріалу	10 кВт·год/кг матеріалу		+	
6.	Операційна вартість	500 у.о. за 1 000 годин роботи	800 у.о. за 1 000 годин роботи	700 у.о. за 1 000 годин роботи	300 у.о. за 1 000 годин роботи		+	

Модернізоване сопло перевершує конкурентів за ступенем очищення потоку, стабільністю і універсальністю, а також має вищу тривалість роботи. Енергоефективність поки що є слабкою стороною, але операційна вартість знаходиться на конкурентному рівні. Це дає великий потенціал для використання в різних галузях, хоча потребує покращень у плані енергоефективності.

6.2 Технологічний аудит стартап-проекту

Технологічний аудит стартап-проекту ґрунтується на оцінці можливості реалізації модернізованого сопла для машин лиття під тиском за допомогою існуючих технологій. Цей етап є одним з ключових у визначенні життєздатності проекту, оскільки саме технологічні аспекти визначають його ефективність, масштабованість та конкурентоспроможність.

Дослідження показало (табл. 6.3), що всі необхідні технології є наявними на ринку та доступними для використання. 3D-друк та лазерне наплавлення потребують певної адаптації для інтеграції з існуючими процесами виробництва, проте це не створює значних технічних перешкод. Крім того, співпраця з виробничими центрами, що спеціалізуються на металообробці, дозволяє мінімізувати витрати на розробку та впровадження технологій.

Таблиця 6.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Комерціалізація проекту через два основні напрямки: масове виробництво	Високоточне фрезерування та токарна обробка	Наявні	Доступні
2	модернізованих сопел для інтеграції в серійні моделі машин	3D-друк із металу для виготовлення складної геометрії	Наявні, потребують адаптації	Доступні через партнерські виробництва
3	лиття під тиском та надання послуг з адаптації цієї технології для існуючих виробничих ліній замовників.	Наплавлення лазером для підвищення зносостійкості	Наявні, потребують дороблення	Доступні
4		Високотемпературна термообробка для забезпечення механічних властивостей матеріалів	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: поєднання високоточного фрезерування, методології 3D-друку та лазерного наплавлення				

Таким чином, аналіз технологічної здійсненості підтверджує, що модернізоване сопло може бути виготовлено за допомогою доступних і сучасних технологій. Обраний технологічний шлях забезпечує досягнення необхідних технічних характеристик із мінімальними витратами на адаптацію та впровадження у виробництво. Проект має високу технологічну реалізованість і готовий до подальших етапів розробки.

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Сенс підрозділу підлягає у доцільності запуску стартап-проекту, визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Це дозволить спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та проектів-конкурентів.

Аналіз ринкових можливостей

Аналіз попиту надасть можливість вивчити стан ринку та визначити його характеристики. Оцінка здійснена на основі поточних даних ринку пластикових деталей, що використовуються в автомобілебудуванні, електроніці та пакувальній промисловості. Основний аналіз попиту відбувався за допомогою використання інформації через онлайн-платформи, що спеціалізуються на зборі та візуалізації даних, таких як Statista та IBISWorld.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Таблиця 6.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5–7 основних виробників у сфері лиття під тиском, включаючи міжнародні компанії.
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Приблизно 4 млрд грн у 2023 році, із зростанням на 15% порівняно з попереднім роком.
3	Динаміка ринку	Зростає, зокрема внаслідок збільшення попиту на пластикові компоненти в автоіндустрії.
4	Наявність обмежень для входу	Високі обмеження через вартість обладнання та необхідність сертифікації продукції.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Необхідна сертифікація відповідно до міжнародних стандартів ISO 9001 та ISO 14001.
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	10–12% у середньому; вищі показники для високотехнологічних продуктів.

Після аналізу ринку можемо вказати на такі ринкові можливості:

- зростаючий попит демонструє стабільну позитивну динаміку ринку завдяки глобальній тенденції до збільшення використання полімерних деталей у виробництві;
- існують незадоволені потреби в моделях сопел, що не завжди забезпечують достатню якість і продуктивність для сучасних високотехнологічних галузей;
- через високу стандартизацію існує міжнародний потенціал продукту, що дозволить розширювати присутність на глобальних ринках.

З ринковими можливостями існують також ринкові загрози:

- присутня конкуренція великих світових «гравців» із розвинутими технологіями;
- високі початкові витрати потребують значних інвестицій у виробництво та присутній елемент наявності сертифікацій;

					ЛПЗ1мп.16 7243.01– 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

- існує технічний бар'єр, де необхідно інтегрувати нові технології у виробничі процеси, що може сповільнити вихід на ринок.
- регуляторні обмеження спонукають необхідність відповідати вимогам міжнародних стандартів, через це збільшується час й витрати на впровадження.

Ринок є привабливим для входження, оскільки демонструє стабільне зростання та високий попит на інноваційні рішення. Попередній аналіз підтверджує потенціал реалізації стартап-проекту за умов правильної стратегії впровадження.

Аналіз потенційних клієнтів

Розроблене модернізоване сопло для машин лиття під тиском орієнтоване на потреби сучасних підприємств, які використовують пластикові деталі у виробництві. Для аналізу цільової аудиторії та формування вимог до продукту буде виділено ключові потреби ринку й відповідні групи клієнтів та представлено у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару	Базова потреба, яку задовольняє товар
1	Підвищення якості пластикових деталей	Підприємства автомобілебудування, які використовують пластикові компоненти	Суворе дотримання технічних регламентів, висока вимогливість до сертифікації продукції Інтерес до довготривалої співпраці з надійними постачальниками	- якість матеріалу та обробки; - стабільність характеристик; - відповідність ISO стандартам; - сервісне обслуговування	Стабільний потік матеріалу, що забезпечує якість кінцевої продукції

Продовження табл. 6.5

2	Зменшення витрат на виробництво	Виробники пакувальних матеріалів	Більший акцент на вартості виробу, менша увага до ексклюзивних технічних характеристик Обмежений бюджет на модернізацію обладнання	- доступна ціна; - економічність використання; - легкість інтеграції у виробничі лінії	Зменшення витрат на виготовлення пластикової продукції
3	Задоволення вимог точності та чистоти матеріалу	Підприємства медичної техніки	Високі вимоги до сертифікації, контроль якості на кожному етапі виробництва Перевага постачальників із досвідом у спеціалізованих галузях	- надійність та точність; - відповідність медичним стандартам; - довговічність сопла; - мінімізація браку	Висока чистота матеріалу, що виключає домішки
4	Масове виробництво деталей складної геометрії	Виробники електроніки	Акцент на швидкості виробництва та мінімізації часу циклу Орієнтація на тривалі партнерські відносини з інноваційними постачальниками	- швидкодія; - мінімальний час циклу; - гнучкість у роботі з різними матеріалами	Забезпечення серійного виготовлення деталей високої складності

Аналіз показує, що потенційними клієнтами є підприємства різних галузей, які використовують лиття під тиском для виробництва пластикових деталей. Основними потребами ринку є підвищення якості, зменшення витрат, задоволення специфічних вимог до точності та серійного виробництва. Відповідно модернізоване сопло здатне забезпечити широкий спектр вимог, що робить його конкурентоспроможним продуктом на ринку.

Аналіз факторів загроз та можливостей

Аналіз факторів загроз та можливостей страп-проекту допоможе виявити відповідні аспекти (табл. 6.6 та 6.7), сформувані стратегію ведення

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проекту та стратегію, що забезпечить надійне впровадження продукту відповідно до вимог ринку.

Таблиця 6.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Високий рівень конкуренції	Присутність великих міжнародних виробників із відпрацьованими технологіями і великою часткою ринку.	Інвестування в інновації та диференціація продукту через унікальні технічні рішення.
2	Бар'єри для входження на ринок	Висока вартість сертифікації та адаптації технологій до міжнародних стандартів.	Створення партнерств із компаніями, які мають досвід сертифікації та локалізації.
3	Нестабільна економічна ситуація	Коливання валютного курсу та зниження купівельної спроможності потенційних клієнтів.	Розробка цінових стратегій і пропозиція бюджетних рішень для різних сегментів ринку.
4	Обмеження ресурсів	Дефіцит необхідних матеріалів для виготовлення складних конструкцій сопла.	Диверсифікація постачальників та використання альтернативних матеріалів.
5	Регуляторні зміни	Можливість посилення вимог до екологічності продукції та виробничих процесів.	Впровадження екологічно чистих технологій і відповідність міжнародним стандартам.
6	Проблеми з енергетичною системою	Відключення електроенергії або нестабільне постачання енергії для виробничих процесів.	Інвестування в альтернативні джерела енергії (сонячні панелі, генератори) та оптимізація споживання енергії.
7	Фактор війни	Ризики, пов'язані з геополітичними конфліктами, порушенням логістичних ланцюгів і змінами у ринкових умовах.	Диверсифікація виробничих потужностей, зміцнення запасів і пошук нових ринків збуту.

Аналіз факторів загроз відіграє ключову роль у стратегічному управлінні стартап-проектom, оскільки оцінка технічної надійності виробу підкреслює потребу в постійному вдосконаленні технологічних процесів і

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

активній підтримці виробничої інфраструктури. Дотримання стандартів якості, передбачання регулярних змін, адаптація до дій конкурентів, запобігання критичної економічної ситуації допоможе вивести продукт із зони загроз, що дозволити зберігати стабільність діяльності та конкурентоспроможність.

Таблиця 6.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростаючий попит на пластикові деталі	Збільшення використання полімерів у таких галузях, як автомобілебудування, електроніка та пакування.	Активна реклама продукту серед цільових сегментів ринку.
2	Технологічний прогрес	Доступність сучасних технологій виробництва, таких як 3D-друк та лазерне наплавлення.	Інтеграція передових технологій у виробничі процеси для зменшення витрат.
3	Розширення міжнародних ринків	Попит на високоякісні рішення для лиття під тиском у країнах з розвинутою промисловістю.	Пошук міжнародних партнерів і участь у галузевих виставках для виходу на глобальний ринок.
4	Тренд на екологічність	Попит на рішення, які мінімізують відходи та споживання енергії.	Позиціонування продукту як екологічно відповідального рішення.
5	Державна підтримка інновацій	Можливість отримання грантів або інших форм фінансової підтримки від держави чи міжнародних організацій.	Залучення фінансування для прискорення впровадження проекту.

Фактори можливостей для даного стартапу відкривають значний потенціал для підвищення ефективності та конкурентоспроможності компанії. Всі проаналізовані можливості дозволяють: ефективно використовувати тенденцію до збільшення застосування полімерів, інтеграцію новітніх технологій до виробництва, можливість позиціонування виробу як екологічну модель та можливість отримання додаткового фінансування для прискорення реалізації проекту.

Фактори загроз і можливостей демонструють, що ринок має високий потенціал для розвитку, однак необхідно враховувати зовнішні виклики. Реалізація проекту можлива за умови активного реагування на загрози та максимального використання доступних можливостей, що забезпечить конкурентну перевагу на ринку.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Аналіз конкурентного середовища дозволяє визначити загальні риси конкуренції на ринку, оцінити її інтенсивність та сформулювати стратегії, які забезпечать конкурентоспроможність стартап-проекту.

Таблиця 6.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Монополістична конкуренція: багато компаній пропонують схожі продукти з незначними відмінностями.	Багато компаній пропонують схожі продукти з незначними відмінностями.	Диференціація продукту за рахунок унікальних характеристик, таких як система потрійної фільтрації сопла.
2. Національний із перспективою виходу на міжнародний ринок.	Виробники змагаються на національному рівні, але є можливість для розширення на міжнародний ринок.	Розробка продукту з міжнародними стандартами якості, щоб спростити вихід на глобальний ринок.
3. Внутрішньогалузева конкуренція серед виробників литтєвого обладнання.	Конкуренція між виробниками, які пропонують схожі продукти для однієї галузі – лиття під тиском.	Впровадження інновацій, які забезпечать кращі показники продуктивності та енергоефективності.
4. Товарно-видова: суперництво між виробниками литтєвих сопел із різними технічними параметрами.	Суперництво між виробниками литтєвих сопел з різними технічними характеристиками та параметрами.	Створення універсального продукту, здатного задовольняти вимоги різних клієнтів, у тому числі нішевих.
5. Переважно цінова: покупці	Покупці часто обирають дешевші рішення, що	Запровадження оптимального співвідношення ціни та якості;

часто обирають дешевші рішення, особливо серед малого та середнього бізнесу.	впливає на вибір продуктів, особливо серед малого і середнього бізнесу.	пропозиція довготривалого гарантійного обслуговування.
6. Марочна: клієнти віддають перевагу відомим брендам із перевіреною репутацією.	Клієнти віддають перевагу відомим брендам із перевіреною репутацією, що впливає на їхній вибір при покупці продукції.	Формування бренду через маркетингові кампанії, сертифікацію продукту та участь у галузевих виставках.

Ринок модернізованих сопел характеризується високою інтенсивністю внутрішньогалузевої конкуренції, переважанням цінових переваг та потребою у марочній репутації. Для забезпечення конкурентоспроможності проекту доцільно зосередитися на диференціації продукту, розробці інноваційних характеристик, зокрема системи потрійної фільтрації, а також на побудові впізнаваності проекту.

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Ринок литтєвих машин та їх компонентів характеризується складною структурою конкуренції, що включає прямих конкурентів, потенційних нових компаній, вплив постачальників і клієнтів, а також ризики, пов'язані з товарами-замінниками. Для оцінки умов конкуренції виконано аналіз за п'ятьма складовими моделі М. Портера.

Таблиця 6.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	NISSEI, Great Machinery, Arburg Allrounder	Бар'єри входження високі через вартість обладнання, необхідність	Постачальники матеріалів для виробництва мають середній вплив.	Великі підприємства, як клієнти, часто диктують умови ціноутворення.	Виробництво литтєвих компонентів іншими методами.

		сертифікації.			
Висновки	Конкуренція може потребувати значних інвестицій у маркетинг, розвиток бренду та підвищення технологічної унікальності продукції.	Бар'єри входження на ринок є високими. Це створює сприятливі умови для утримання позицій на ринку.	Такі умови дозволяють вести переговори щодо цін і умов поставок. Водночас залежність від постачальників може бути мінімізована шляхом диверсифікації джерел закупівель та налагодження довгострокових контрактів.	Такі клієнти мають вплив на цінову політику, що потребує гнучкого підходу до встановлення цін та надання додаткових сервісів. Варто додатково розвивати індивідуалізовані рішення та якісний супровід.	Це може створити додаткову конкуренцію, при виникненні нових підходів, через що варто постійно вдосконалювати технології.

Ринок пропонує можливості для висування ExtCon як нового виробника, але це потребує ретельного підходу через сильних конкурентів та високу вартість входження на ринок. Водночас ці бар'єри створюють сприятливі умови для утримання позицій на ринку. Для успіху проект має ґрунтуватися на впровадженні інноваційних технологій (такі як механізм потрібної фільтрації сопла інжекційного механізму), які забезпечать унікальність продукції, гнучкому підході до ціноутворення та розвитку індивідуальних рішень для клієнтів. Стабільність постачань і ефективне позиціонування бренду також є ключовими для забезпечення стійкості проекту з прямими та потенційними конкурентами.

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 6.9, з урахування характеристик ідеї проекту (табл. 6.1), вимог споживачів до товару (табл. 6.5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 6.6 та 6.7) обґрунтовуємо перелік факторів конкурентоспроможності проекту (табл. 6.10).

					ЛПЗ1мп.167243.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Таблиця 6.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Інноваційність конструкції	Клієнти шукають сучасні рішення, які можуть безпосередньо впливати на потрібні їм характеристики. Конкуренти, які не мають таких рішень, знижують свій фактор конкурентоспроможності.
2	Економічність	Клієнти в галузях масового виробництва та пакування шукають постачальників, які дозволяють знизити витрати на виготовлення продукції.
3	Гнучкість у застосуванні	Для багатьох клієнтів важливо, щоб технологія могла бути інтегрована в існуючі виробничі лінії без значних змін. Тому такі постачальники можуть бути в пріоритеті
4	Енергозбереження	Зниження витрат на енергоресурси є чинником, що можуть зацікавити клієнтів. Це дозволяє знижувати експлуатаційні витрати
5	Довговічність обладнання	Постачальники, які пропонують продукцію з довгим терміном служби, користуються попитом, оскільки це знижує загальні витрати на експлуатацію та обслуговування.
6	Відповідність регламентам	Клієнти, які працюють на міжнародних ринках, обирають постачальників, чия продукція відповідає міжнародним стандартам якості та сертифікації.
7	Підтримка інновацій	Клієнти обирають постачальників, які мають інноваційні технічні рішення. Це дозволяє виробникам виділитися серед конкурентів і забезпечити перевагу на ринку.
8	Екологічність продукції	Враховуючи зростаючий попит на екологічно чисту продукцію, клієнти все більше звертають увагу на постачальників, які відповідають сучасним екологічним стандартам.
9	Маркетингова підтримка	Клієнти часто вибирають постачальників з високою репутацією та впізнаваністю на ринку.

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін ExtCon

За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 6.11) проведемо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 6.12), що допоможе визначити стан проекту за вказаними факторами конкурентоспроможності.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Таблиця 6.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали (1–20)	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ExtCon						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1	Інноваційність конструкції	18					\$	@ &	X
2	Якість кінцевої продукції	19					&	@ \$	X
3	Економічність	17			&	\$	X @		
4	Гнучкість у застосуванні	16				@	\$	&	X
5	Енергозбереження	18				\$		& X	@
6	Довговічність обладнання	15		\$	@			X	&
7	Відповідність регламентам	16				\$	X &	@	
8	Підтримка інновацій	14	@			\$	X &		
9	Позиціонування на екологічність	17				\$		X @ &	
10	Маркетингова підтримка	15			X	@	\$	&	

Позначення: X – ExtCon; @ - NISSEI; \$ - Great Machinery; & - Arburg Allrounder.

Результати порівняння конкурентоспроможності показують, що основними сильними сторонами проєкту ExtCon є інноваційність конструкції, значна енергоефективність, яка дозволяє знизити витрати на виробництво, а також гнучкість у застосуванні, яка робить пристрій універсальним для різних типів матеріалів та процесів. Проєкт поступається в напрямку довговічності обладнання Arburg Allrounder, та недостатньо розвинена маркетингова підтримка, що обмежує впізнаваність бренду на ринку порівняно з конкурентами. Ці аспекти підтверджують високий потенціал ExtCon у ключових напрямках, водночас визначаючи можливості для подальшого вдосконалення.

Проведення SWOT-аналізу проєкту

Фінальним етапом підрозділу є проведення ринкового аналізу можливостей впровадження проєкту методом складання SWOT-аналізу на основі виділених ринкових зароз та можливостей, та сильних і слабких сторін проєкту.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Таблиця 6.12 – SWOT-аналіз проекту ExtCon

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Інноваційність конструкції 2. Якість кінцевої продукції 3. Гнучкість у застосуванні	1. Маркетингова підтримка 2. Відповідність регламентам
Можливості: 1. Розширити ринки завдяки інноваційним конструкціям. Це дозволить залучити нових клієнтів та можливість вийти на ринки з високими вимогами 2. Створення лояльної клієнтської бази, що дозволить формувати довіру споживачів та може бути використано для довгострокових партнерств. 3. Адаптувати продукцію під різні потреби споживачів, що дозволить охоплювати більше сегментів ринку. 4. Партнерства з компаніями, які акцентують на якості та інноваціях. Співпраця з великими «гравцями» ринку дозволить підвищити якість обслуговування та забезпечить доступ до нових ресурсів і каналів збуту. 5. Збільшення попиту на інновації та технічну гнучкість. 6. Інтеграції з державними та міжнародними програмами підтримки інновацій. Можливість залучення фінансування через різні програми для підтримки розвитку інноваційних технологій.	Загрози: 1. Конкуренції через низький рівень маркетингової підтримки. Недостатнє просування продукту може призвести до того, що конкуренти, з більшою маркетинговою підтримкою, здобудуть більшу частку ринку. 2. Загроза ризиків, що пов'язані з відсутністю відповідності новим регламентам. Це може призвести до штрафів або втрати ліцензій на продаж у деяких країнах. 3. Загроза невизначеності у попиті через обмежену маркетингову діяльність. Без достатнього маркетингового дослідження може виникнути ситуація, коли інновації будуть не оцінені належним чином на ринку. 4. Загроза недостатньої відповідності регламентам у нових ринкових умовах, через що компанія може бути змушена швидко змінювати свою продукцію для дотримання нових стандартів.

Проект демонструє сильні сторони, такі як: інноваційність конструкції, висока якість кінцевої продукції та гнучкість у застосуванні, але має слабкі місця у маркетинговій підтримці та відповідності стандартам. Серед можливостей – розширення ринків, адаптація продукції під різні потреби, створення лояльної клієнтської бази, партнерства з лідерами галузі та інтеграція з програмами підтримки інновацій. Основні загрози включають ризики недостатньої маркетингової активності, конкуренцію, труднощі із відповідністю новим регламентам і потенційні проблеми з невизначеністю попиту.

Альтернативи ринкового впровадження

На основі проведеного SWOT-аналізу розробляється альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок, а також визначення оптимального часу на їхню реалізацію.

Таблиця 6.13 – Альтернативи ринкового впровадження

№ п/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Розширення ринків завдяки інноваційній конструкції та виходу на ринки з високими вимогами	Висока	Середньострокові (6–12 місяців)
2	Партнерства з компаніями, які акцентують на якості та інноваціях, для залучення нових клієнтів	Висока	Короткострокові (3–6 місяців)
3	Використання високої якості продукції для створення лояльної клієнтської бази	Середня	Довгострокові (12–24 місяці)
4	Інтеграція з державними та міжнародними програмами підтримки інновацій	Висока	Середньо- та довгострокові (6–24 місяці)
5	Активізація маркетингової діяльності для збільшення попиту і покращення позиціонування продукту	Середня	Короткострокові (3–6 місяців)

На основі SWOT-аналізу (табл. 6.12) обрано альтернативу розширення ринків завдяки інноваційній конструкції та виходу на ринки з високими вимогами. Ця стратегія відповідає критеріям простоти отримання ресурсів і стислі строки реалізації.

Таким чином, після проведеного аналізу вдалось визначити сильні й слабкі сторони проекту, його можливості та можливі загрози. З отриманих результатів було визначено альтернативу - стратегію розширення ринків

завдяки конструкції яка відповідає високим вимогам (табл. 6.13), що забезпечує ефективний доступ до ресурсів, дозволяє оперативно вийти на нові сегменти ринку та невелиювати зазначені загрози.

6.4 Розроблення ринкової стратегії

Для ефективного охоплення ринку та розроблення ринкової стратегії потрібно визначити цільові групи потенційних споживачів, що характеризується різним рівнем готовності до впровадження інновацій, специфічними вимогами до продукту, а також рівнем конкуренції та складністю входу в сегмент. Аналіз допоможе визначити точки зору готовності сприймати продукт, орієнтовного попиту, інтенсивності конкуренції та простоти входу у сегмент.

Таблиця 6.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Виробники з високими вимогами до інновацій (компанії, що спеціалізуються на технологічних рішеннях для виробництва, автоматизації, роботизації)	Висока готовність до нових інноваційних рішень, шукають конкурентні переваги	Високий попит на інноваційні технології, зокрема у автоматизації	Висока конкуренція з боку інших компаній	Складність входу через високий рівень конкуренції та високу технічну вимогу
2	Малі та середні виробники (компанії, які потребують гнучких та економічних рішень для обробки виробничих процесів)	Середня готовність сприймати рішення, якщо вони будуть більш доступними за ціною	Середній попит, залежить від ринку та специфікацій	Середня конкуренція, є простіші варіанти для таких виробників	Середня складність через необхідність адаптації до конкретних потреб бізнесу

Продовження табл. 6.14

3	Екологічно орієнтовані підприємства (підприємства, що прагнуть дотримуватись сучасних екологічних стандартів та інновацій)	Висока — екоорієнтовані компанії шукають продукти з низьким енергоспоживанням та високою екологічною ефективністю	Високий попит через зростаючий інтерес до екологічно чистих технологій	Висока конкуренція через наявність кількох екоорієнтованих постачальників	Складність входу через необхідність дотримання специфічних екологічних стандартів
4	Ключові гравці в сфері великих виробничих підприємств (корпорації з масштабними виробництвами, де потрібні високопродуктивні та енергоефективні рішення)	Висока — зацікавлені в нових рішеннях для зниження витрат та підвищення ефективності	Високий попит, особливо серед великих компаній з великою виробничою потужністю	Висока конкуренція від великих міжнародних гравців	Складність через високі вимоги до технічних характеристик та глобальну конкуренцію
5	Малі компанії з потребою у гнучких технологіях (підприємства, які працюють з різноманітними матеріалами та часто змінюють виробничі лінії)	Середня — готові сприймати інноваційні рішення, якщо вони покращують гнучкість і зменшують витрати	Середній попит, залежить від доступності та вартості рішень	Низька конкуренція, але обмежена кількість постачальників, що пропонують високу гнучкість	Низька складність через низькі бар'єри входу для постачальників, які готові працювати з малим бізнесом
Які цільові групи обрано: Виробники з високими вимогами до інновацій					

Після вибору та аналізу потенційних цільових груп споживачів це дозволило точно визначити стратегію для кожного сегменту ринку, зокрема відносно готовності клієнтів сприйняти продукт, попиту, конкуренції та складності входу на ринок. Цільову групу, на яку буде спрямована основна увага, складають виробники з високими вимогами до інновацій. Завдяки високому попиту на інноваційні технології, цей сегмент ринку відкриває значні можливості для реалізації продукту, хоча й характеризується високою інтенсивністю конкуренції та складністю входу через технічні вимоги.

Таблиця 6.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Розширення ринку через інноваційність конструкції	Охоплення широкого ринку	Висока інноваційність конструкції, що виділяє продукт серед конкурентів	Стратегія диференціації

Обрана базова стратегія розвитку: "Стратегія диференціації" через розширення ринку завдяки інноваційності конструкції. Обґрунтування:

1. Ключові конкурентні переваги:

Система потрійної фільтрації та оптимізований напрямний конус дозволяють продукту виділитися серед конкурентів завдяки унікальним характеристикам. Висока якість кінцевої продукції гарантує задоволення потреб клієнтів.

2. Охоплення широкого ринку:

Ця стратегія дозволяє працювати з різними сегментами ринку, включаючи екологічно орієнтовані підприємства, великі корпорації та малі й середні виробники. Це забезпечує ширше охоплення без концентрації лише на одному сегменті.

3. Переваги ринку для реалізації диференціації:

Попит на інноваційні рішення та екологічні технології постійно зростає. Інноваційність продукту допомагає задовольнити ці запити. Унікальність конструкції знижує чутливість клієнтів до ціни, оскільки вони готові платити за вирішення специфічних потреб.

4. Конкурентні виклики та їх подолання:

Конкуренти, такі як Arburg та NISSEI, мають маркетингові стратегії та сильну позицію на ринку. Проте диференціація дозволяє виділитися не за рахунок ціни, а за рахунок технологічних характеристик. Розширення ринку через інновації створює бар'єр для входу нових гравців, які не мають подібних рішень.

					ЛПЗ1мп.167243.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

5. Довгостроковий вплив:

Стратегія диференціації забезпечує стійкість проекту на ринку завдяки постійному вдосконаленню продукту та створенню репутації надійного інноваційного партнера.

Таблиця 6.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Проект є інноваційним, але ринок уже має сильних «гравців», таких як Arburg та NISSEI	Компанія буде орієнтуватися на нові ринки та забирати існуючих у конкурентів	Компанія не буде копіювати товари, але інтегрує унікальні технічні рішення, недоступні конкурентам	Стратегія виклику лідера (флангова атака)

Стратегія виклику лідера (флангова атака) є найкращим вибором, оскільки дозволяє використати переваги продукту для залучення нових й існуючих клієнтів та закріплення конкурентної позиції на ринку.

На основні вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту (табл. 6.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (табл. 6.15) та стратегії конкурентної поведінки (табл. 6.16) розробимо стратегію позиціонування (табл. 6.15), що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 6.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
-------	-------------------------------------	---------------------------	--	--

1	- висока якість матеріалу та обробки; - стабільність характеристик; - відповідність ISO стандартам; - сервісне обслуговування.	Стратегія диференціації	- інноваційна конструкція; - відповідність міжнародним регламентам; - енергозбереження.	1. Якість, на яку можна покластися 2. Інновації, що працюють 3. Партнерство для майбутнього
2	- доступна ціна; - економічність; - легкість інтеграції у виробничі лінії.	Стратегія диференціації	- оптимізація витрат виробництва; - гнучкість застосування; - мінімізація часу циклу.	1. Доступна якість 2. Легкість інтеграції 3. Економічний прорив
3	- надійність та точність; - відповідність стандартам; - мінімізація браку.	Стратегія диференціації	- висока якість кінцевої продукції; - точність і довговічність; - гнучкість застосування.	1. Технологічна точність 2. Довговічність на кожному етапі
4	- швидкодія; - мінімальний час циклу; - гнучкість у роботі з різними матеріалами.	Стратегія виклику лідера (флангова атака)	- інноваційні технічні рішення; - продуктивність виробництва; - стабільність потоку матеріалу.	1. Швидкість інновацій 2. Продуктивність без компромісів 3. Адаптація до потреб клієнтів

Стратегія позиціонування стартапу орієнтована на різні сегменти ринку, враховуючи їхні специфічні вимоги. Завдяки інноваційній конструкції, відповідності стандартам і гнучкості, проект забезпечує конкурентоспроможність, формуючи асоціації якості, інноваційності та адаптивності, які підсилюють його позиції на ринку.

6.5 Розроблення маркетингової програми

Першим кроком до розроблення маркетингової програми є формування концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 6.18 підсумуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Таблиця 6.18 – Визначення ключових переваг концепції товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
1	Підвищення якості пластикових деталей	Висока якість матеріалу та стабільність виробництва	- система потрійної фільтрації забезпечує чистоту матеріалу, відсутня у конкурентів; - стабільний потік матеріалу мінімізує брак.
2	Зменшення витрат на виробництво	Зниження собівартості продукції	- енергозберігаюча конструкція сопла дозволяє зменшити витрати; - оптимізація часу виробничого циклу завдяки вдосконаленому напрямному конусу; - гнучкість у налаштуваннях забезпечує економію на виробничих процесах.
3	Задоволення вимог точності та чистоти матеріалу	Висока точність і чистота кінцевого продукту	- високий рівень точності і довговічності обладнання; - мінімізація браку через унікальну конструкцію фільтрації.
4	Масове виробництво деталей складної геометрії	Забезпечення стабільної та швидкої роботи	- інноваційна конструкція забезпечує мінімальний час циклу; - гнучкість у роботі з матеріалами різних типів; - висока продуктивність навіть для деталей зі складною геометрією.

Проаналізована концепція та подальше визначення ключових концепцій товару допомогло сформуванню унікальну ринкову позицію ExtCon, орієнтовану на якість продукції та інновації конструкції.

Надалі буде розроблено тривірневу маркетингову модель товару (табл. 6.19), де буде уточнено ідею, фізичні складові та особливості продукту.

Таблиця 6.19 – Опис трьох рівні моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Базова потреба споживачів: забезпечення точного, екологічного та економічного виробництва литєвих деталей.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	Основні функціональні вигоди: зменшення виробничих витрат, висока якість продукції, енергозбереження.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості / характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Механічна витривалість: розрахована на максимальні навантаження до 1.2e+8 Па;	Нм	Тх
	2. Теплова стабільність: робота при температурах до 135°C;	Нм	Тл
	3. Оксидна відновлювальна властивість (орієнтовано на можливу корозію).	Нм	Ор
	Якість: відповідає ISO 9001.		
	Пакування: екоупаковка для зручного транспортування.		
	Марка: "ExtCon Machinery Solutions".		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: Безкоштовна доставка та встановлення; Технічна підтримка протягом гарантійного терміну		
	Після продажу: Розширена гарантія на 5 років; Індивідуалізоване обслуговування; Навчання персоналу		
Захист від копіювання: використання патентів на унікальні інновації в конструкції.			

Наступним кроком є визначення цінових меж, за якими будемо керуватись при встановленні ціни на потенційний товар. Це передбачає аналіз цін на товари-аналоги, наприклад, пропозиції компаній NISSEI та Arburg Allrounder, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 6.20).

Таблиця 6.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Ручне виробництво лиття, дешевші інструменти. Ціна: 500-800 USD за стандартне сопло.	Стандартні системи лиття (масового виробництва) Ціна: 1200-1600 USD за комплект литтєвого обладнання (соплоа та базова система контролю).	Виробники високотехнологічної продукції, середній та великий бізнес. Середній річний дохід: 100 000–500 000 USD.	Нижня межа: 1100 USD за од. модернізованого сопла з базовими функціями. Верхня межа: 1500 USD за од. сопла з розширеними функціями (потрійна фільтрація).

Замінники, хоч і дешевші (500–800 USD), не задовольняють вимог цільової аудиторії через низьку якість, а аналоги в діапазоні 1200–1600 USD пропонують обмежені функціональні можливості. Цільовою аудиторією є

					ЛПЗ1мп.16 7243.01– 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

виробники, які цінують енергоефективність, довговічність і технічну стабільність. Оптимальна цінова межа для продукту становить 1100–1500 USD, що дозволяє забезпечити конкурентоспроможність і привабливість у порівнянні з аналогами.

Далі визначаємо оптимальну систему збуту, в межах якого буде прийматися рішення (табл. 6.21).

Таблиця 6.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Цільові клієнти: - середній і великий бізнес; - виробники високотехнологічної продукції. Орієнтуються на якість, технічні характеристики. Рішення приймаються раціонально, часто після консультацій.	Функції постачальника: - технічна підтримка клієнтів; - доставка та встановлення товару; - навчання персоналу; - надання гарантійного обслуговування; - консультації щодо інтеграції в існуючі виробничі процеси.	Неглибокий канал збуту: Прямі продажі або через офіційних дистриб'юторів.	Власна система збуту із залученням вузького кола посередників: - власний відділ продажу для ключових клієнтів; - офіційні дистриб'ютори для регіональних ринків.

Такий підхід спрямований на забезпечення високого рівня сервісу і довгострокових відносин із клієнтами, що відповідає цільовій аудиторії та позиціонуванню товару й конкурентоспроможності стартап-проекту.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на обрану основу для позиціонування та визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 6.22).

Таблиця 6.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Рішення приймаються на основі раціональних критеріїв (ціна, якість, довговічність).	Галузеві виставки, професійні конференції, спеціалізовані видання, вебінари, B2B-сайти.	Висока якість продукції, надійність у роботі, відповідність стандартам	Інформування про переваги продукції, зміцнення довіри до бренду, підкреслення унікальності технічних рішень.	"Ми створюємо надійність для вашого виробництва" – акцент на технічних характеристиках, енергоефективності та зниженні виробничих витрат.
2	Клієнти орієнтовані на довгострокове партнерство, цінують технічну підтримку та післяпродажне обслуговування.	Email-розсилки, прямі контакти через відділ продажу, індивідуальні презентації.	Технічна підтримка, гарантійне обслуговування, екологічність продукції.	Побудова довгострокових відносин із клієнтами, формування довіри та професійної репутації.	"Ваш надійний партнер у виробництві" – підкреслення індивідуального підходу, екологічної упаковки, безкоштовної доставки та навчання персоналу.
3	Орієнтуються на сучасні технології та інновації, приймають рішення колегіально.	LinkedIn, корпоративні вебінари, онлайн-реклама в професійних мережах, YouTube, TikTok.	Інноваційність, унікальні технічні рішення, зменшення виробничих витрат.	Показати економічну та технологічну вигоду від впровадження продукції.	"Інновації для вашого успіху" – демонстрація сучасних рішень, які забезпечують конкурентну перевагу на ринку, у відеороликах і технічних кейсах.

Така проаналізована концепція є частиною загальної ринкової програми, що враховує специфіку клієнтів, конкурентне середовище та маркетингову стратегію.

6.6 Висновки стартап-проекту

Виходячи з проведеного аналізу, можемо зробити висновок, що стартап-проект ExtCon має значний потенціал для комерціалізації на ринку. Попит на продукцію, спрямовану на забезпечення високоякісних ливарних деталей, зниження виробничих витрат і економію енергії, стабільний і демонструє позитивну динаміку. Зростаючий інтерес до інноваційного обладнання серед промислових замовників підтверджує наявність ринкової царини для реалізації проектів. Рентабельність роботи забезпечується конкурентними ціновими межами, які визначаються з урахуванням аналізу рівня доходів аналогів, замінників і цільової аудиторії.

Перспективи реалізації проекту також виглядають позитивними. Основну цільову аудиторію складають промислові компанії, для яких довговічність, енергоефективність та відповідність стандартам якості обладнання мають вирішальне значення. Бар'єри для виходу є наступними: висока конкуренція, вартість початкового просування бренду та наявність сертифікацій. Це створює високий бар'єр входу на ринок, але завдяки унікальними технічними рішеннями та відповідності виконанні дій до зазначених бар'єрів, надає проектowi високу конкурентоспроможність.

Для ринкової реалізації стартап-проекту рекомендується вибрати гібридну модель продажів. Крім того, багатоканальна комунікаційна стратегія через професійні майданчики, галузеві виставки та прямі контакти - сприятиме формуванню довгострокових партнерських відносин й підвищенню впізнаваності бренду.

Враховуючи аналіз ринку, динаміку попиту, потенційні бар'єри та конкурентні переваги, подальша реалізація проекту цілком доцільна. Продукт відповідає найважливішим потребам споживачів, має економічно обґрунтовану цінову й маркетингову стратегію, а також відповідає рівню технічної конкурентоспроможності.

					ЛПЗ1мп.167243.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Даний розділ передбачає аналіз та забезпечення безпечної експлуатації машини для лиття під тиском відповідно до встановлених норм та безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу. Розглянуті заходи допоможуть організувати робоче середовище яке відповідатиме стандартам охорони праці та техніці безпеки.

7.1 Заходи захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів

В рамках магістерської дисертації розглядається машина для лиття під тиском для формування матеріалів шляхом інжекції у порожнини спеціальних форм. Для того, щоб на етапі проектування була можливість вжити заходів щодо забезпечення безпеки та створення здорових умов праці на підприємстві, необхідно на ранніх стадіях виявити шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

Важливо застосувати актуальні стандарти, які регулюють охорону праці та техніку безпеки. Зокрема, варто орієнтуватися на такі ДСТУ:

1. ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Основні поняття, терміни та визначення» містить основні терміни та визначення для захисту працівників від небезпечних виробничих факторів, таких як шум, вібрація, токсичні гази та інші фактори, які можуть вплинути на здоров'я людини у виробничому середовищі.

2. ДСТУ EN340:2013 «Захисний одяг. Загальні вимоги» визначає вимоги до засобів індивідуального захисту та забезпечує належний рівень безпеки для працівників, які контактують з різними факторами ризику в процесі виробництва. Це може бути одяг, що захищає від механічних впливів, опіків або хімічних речовин.

3. ДСТУ 9258:2023 «Керівництво з організації будівельних робіт», що стосується безпеки виробничих об'єктів, включаючи правила проведення

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

робіт з ризиками для здоров'я працівників, як-от при роботі з важким обладнанням та на висоті.

Відповідно до цих стандартів компанії повинні забезпечувати безпеку своїх співробітників шляхом виявлення небезпечних і шкідливих факторів, проведення регулярних медичних оглядів, навчання співробітників і використання засобів індивідуального захисту. Також важливо вживати організаційних заходів, таких як правильно організоване освітлення, вентиляція виробничих приміщень, захист від шуму, вібрації та інших фізичних впливів.

Згідно з ДСТУ 2293:2014, умови праці повинні регулярно оцінюватися, а виробничі процеси коригуватися для запобігання впливу шкідливих факторів. У той же час забезпечення достатнього рівня вентиляції та освітлення є важливою умовою зниження впливу небезпечних факторів на працівників.

7.2 Характеристика потенційно шкідливих та ризикованих виробничих чинників

Потенційно шкідливі й небезпечні виробничі фактори, пов'язані з експлуатацією машин для лиття під тиском, обумовлені конструктивними особливостями обладнання, технічними процесами і умовами експлуатації. Головне - це висока температура розплаву полімеру, значний тиск в зоні інжекції та прес-формі, а також можливість викиду шкідливих речовин в повітря робочої зони. Небезпека також виникає через наявність рухомих частин машини, які можуть становити небезпеку для оператора.

Контакт з такими ділянками може призвести до опіків, тому важливі заходи термозахисту відповідно до вимог ДСТУ EN ISO13732-1:2021, які встановлюють максимально допустиму температуру для запобігання пошкодженню шкіри. Крім того, при литті під тиском в робочому середовищі можуть утворюватися пари шкідливих речовин, особливо летких органічних

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сполук. Для забезпечення безпеки персоналу необхідно дотримуватися гранично допустимої концентрації (ГДК) таких речовин відповідно до ДСТУ 4944:2008.

Рухомі механізми машини для лиття під тиском, такі як механізми запирання та елементи інжекційного вузла, створюють ризик защемлення кінцівок оператора або потрапляння одягу в зону впливу машини. Згідно з ДСТУ EN ISO 12100:2016, безпека таких елементів забезпечується встановленням огорож, блокуючого обладнання та світлових бар'єрів. Для запобігання небезпечних ситуацій також передбачені процедури технічного обслуговування, регламентовані нормативними документами, зокрема ДСТУ EN ISO 13849-1:2018.

Тому характеристики потенційно шкідливих і небезпечних виробничих факторів при експлуатації машин для лиття під тиском підкреслюють важливість комплексного підходу до охорони праці, що включає дотримання нормативних вимог, впровадження сучасних систем захисту і регулярне навчання персоналу.

7.3 Промислове освітлення

Організація промислового освітлення на робочому місці оператора машини для лиття під тиском є одним з головних факторів для забезпечення візуального комфорту, підвищення точності роботи та зменшення ризику помилок. Деталі цього процесу визначаються особливостями роботи обладнання, включаючи експлуатацію деталей, необхідність візуального контролю якості стану виробів і обладнання, а також роботу елементів, які можуть мати глянсову або матову поверхню.

Згідно з ДСТУ EN 12464-2:2016, рівень освітленості робочої зони в машині для лиття під тиском повинен відповідати як мінімум 500 люксам для стандартних візуальних завдань та 750-1000 лк для операцій, що вимагають підвищеної точності. Освітлення повинно бути рівномірним з коефіцієнтом

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нерівномірності 0,7 або менше, щоб уникнути утворення тіней і відблисків, які можуть перешкодити виконанню завдання.

Для забезпечення таких умов рекомендується використовувати лампи на основі світлодіодів з колірною температурою в діапазоні 4000-5000 до (нейтральний білий світ), при цьому індекс передачі кольору (CRI) таких ламп повинен становити не менше 80 для забезпечення правильної оцінки кольору зображення. продукт. Світильник повинен мати можливість регулювати напрямок світлового потоку, що зводить до мінімуму ризик появи відблисків на поверхні приладу або виробу.

У зоні технічного обслуговування та огляду машини важливо забезпечити додаткове місцеве освітлення з захистом від пилу та вологи відповідно до стандартів IP54 та вище, оскільки робоче середовище може містити частинки полімеру або інших матеріалів. Такі лампи повинні бути компактними, з вбудованим захисним розсіювачем, щоб уникнути пошкоджень і забруднення.

Задля забезпечення відповідних умов типу освітлення зони під час роботи з устаткуванням, обрана лампа Philips CoreLine Highbay Gen 5 BY121P LED200S/840. Цей варіант забезпечує рівень освітленості 20000 лм, що забезпечує можливість досягнення рівномірного рівня освітленості. Кольорова температура в 4000 К відповідає стандартам для робочих зон, а індекс передачі кольору $CRI \geq 80$ забезпечує правильну оцінку кольорів у робочій зоні. Також в купі зі ступенем захисту IP65 та IK08 забезпечується стійкість до пилу, вологи та механічних пошкоджень. Додатковим плюсом є наявність регулювання напряму, що підходить для зон із підвищеною точністю роботи.

Отже, для ефективного освітлення робочого місця працівників ливарних машин необхідно дотримуватися норм освітлення, колірної температури та індексу передачі кольору й забезпечувати оптимальні умови. Використання сучасного освітлення з регульованим світловим потоком є відповідним рішенням для створення комфортних і безпечних умов праці.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.4 Небезпека рухомих та обертальних деталей і механізмів

Переміщення та обертання деталей машин для лиття під тиском становлять серйозну небезпеку для операторів та обслуговуючого персоналу, якщо не буде вжито належних заходів захисту. Зокрема, в таких машинах причиною ризику є вузли з рухомими елементами, такі як вузли затиску прес-форм, гвинтові механізми, системи подачі матеріалу та транспортування деталей. Розробка та впровадження заходів безпеки є обов'язковими відповідно до ДСТУ EN ISO 13857:2021.

Одним з основних аспектів забезпечення безпеки є використання огорожувальних конструкцій. Захисний кожух або огорожувальна конструкція повинні бути виготовлені з матеріалів, розташованих таким чином, щоб витримувати механічні навантаження і виключати випадковий доступ в небезпечні зони під час експлуатації пристрою. Наприклад, корпус затискної форми повинен забезпечувати мінімальну відстань між бар'єром і рухомими частинами відповідно до обчислених параметрів.

Для вузлів з обертальними деталями, таких як гвинтові механізми, необхідно враховувати ризик затягування або намотування одягу з використанням додаткових захисних екранів і систем фіксації.

Особливу увагу слід приділити розробці систем аварійної зупинки. Відповідно до ДСТУ EN ISO 13850:2016. Відповідно до принципу проектування, кнопка аварійного відключення повинна бути доступною, добре помітною та розташованою у стратегічно важливих місцях навколо машини.

Для забезпечення належного рівня безпеки необхідно проводити регулярні перевірки і технічне обслуговування системи захисту, а також навчання персоналу правилам експлуатації. Це знижує ризик нещасних випадків, сприяє дотриманню нормативних вимог і забезпечує надійність і безпеку машин для лиття під тиском.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

7.5 Вібрація та шум

Для машин для лиття під тиском вібрація виникає внаслідок роботи таких механізмів, як: черв'як, системи подачі матеріалу, вузли затиску прес-форм та обертові деталі. Вони можуть пошкодити як обладнання, так і здоров'я оператора. Згідно ДСТУ EN ISO 5349-1:2005 вібрація виробничого середовища повинна бути знижена до рівня, що не перевищує рекомендованого граничного значення. Ці значення визначаються в залежності від інтенсивності вібрації, тривалості впливу і типу робочого інструменту.

Машини для лиття під тиском використовують спеціальні системи амортизації та матеріали для зниження рівня вібрації. Системи амортизації можуть включати пневматичні елементи або пружини, які знижують вплив вібрацій на оператора і на саму машину. Ізоляція вібраційних механізмів також є важливим фактором, що знижує вплив на обладнання та інші компоненти навколишнього середовища.

Шум, пов'язаний з роботою цих машин, є ще одним фактором. Наявність різних механізмів з обертовими деталями, таких як черв'яки і двигуни, а також високошвидкісний процес лиття під тиском призводять до створення високого рівня шуму.

Впровадження заходів по зниженню шуму і вібрації є важливим аспектом для забезпечення безпеки працівників на підприємствах, що використовують машини для лиття під тиском. Завдяки використанню новітніх технологій і матеріалів для амортизації і теплоізоляції, рівень шуму в робочому приміщенні не повинен перевищувати 70 дБ. Він відповідає вимогам стандарту ДСН 3.3.6.039-99. Це забезпечує комфортні умови для персоналу і знижує ризик розвитку захворювань, пов'язаних з тривалим впливом шуму.

Що стосується вібрації, то використання спеціальних амортизаторів і антивібраційних систем дозволяє досягти рівня технічної вібрації на частоті

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

4 Гц, що не перевищує 90 дБ. Це відповідає стандарту ДСТУ EN ISO 5349-1:2005. Завдяки такому підходу знижуються ризики для здоров'я працівників, особливо проблеми з опорно-руховим апаратом, які можуть виникнути при тривалому впливі високих рівнів вібрації.

7.6 Повітря в робочій зоні та вентиляція

Для забезпечення безпечної та ефективної роботи з машинами для лиття під тиском, слід організувати вентиляцію відповідно до сучасних нормативів. Основні регулятивні документи включають:

- ДСТУ EN 16798-3:2019, який встановлює вимоги до проектування вентиляційних систем, забезпечення якості повітря та оптимального повітрообміну у виробничих приміщеннях;
- ДСТУ ГОСТ 12.1.005:88 (варто уточнити: даний нормативний документ не дійсний з 01.01.2022 та немає замінників на момент написання дисертації. Відповідно слід посилатися на наказ МОЗ від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони». У випадках, коли речовина відсутня в переліку наказу № 1596, слід звертатися до Комітету з питань гігієнічного регламентування МОЗ України для встановлення нових гігієнічних нормативів), що визначає допустимі рівні концентрації шкідливих речовин, параметри температури, вологості та швидкості повітря;
- ДСТУ EN ISO 16890-1:2019, який регламентує вимоги до фільтрів, що забезпечують очищення повітря від дрібнодисперсних часток;
- ДСТУ Б EN 15251:2011, який встановлює мікрокліматичні норми в приміщеннях.

В процесі лиття під тиском виділяються пари полімерів, мастильних матеріалів, а також дрібні частки, що потребує належної вентиляції та очищення повітря. Виробниче середовище має відповідати таким параметрам:

- Температура повітря: 18–25 °C;
- Відносна вологість: 40–70%;
- Швидкість руху повітря: не більше 0,3 м/с;

					ЛПЗ1мп.16 7243.01– 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

- Кратність повітрообміну: 6–10 разів на годину.

Для видалення шкідливих речовин використовуються локальні витяжні пристрої, встановлені над джерелами викидів. Фільтри класу F7 або вище повинні забезпечувати ефективне очищення повітря, особливо в зоні високої концентрації забруднень.

7.7 Характеристики виробництва пожежо- і вибухонебезпечності

Характеристики виробництва машин для лиття під тиском у контексті пожежо- та вибухонебезпеки потребують врахування тих властивостей матеріалів, що використовуються у процесі, а також умов їх експлуатації. У виробництві задіяні розплави металів та полімерів, зокрема горючі мастильні матеріали, які можуть виділяти легкозаймисті пари.

Для оцінки ризиків пожежі та вибухів використовується класифікація згідно з ДСТУ EN 1127-1:2018 та ДСТУ ISO 13571:2018. Виробничі зони класифікуються за зонами небезпеки відповідно до концентрації горючих парів або пилу:

Таблиця 7.1 – Класифікація зон згідно з ДСТУ EN 1127-1:2018

Категорія ризику	Умови виникнення	Клас небезпеки	Приклад у машин для лиття під тиском
Зона 0	Постійна наявність горючих сумішей у повітрі	Клас I	Камери лиття із залишковими парами розплавів
Зона 1	Ймовірна поява горючих парів під час роботи	Клас II	Зона змішування полімерів і мастильних речовин
Зона 2	Рідкісна поява горючих сумішей	Клас III	Приміщення зберігання сировини

В процесі лиття під тиском виділяються теплові та газові викиди, які вимагають належного моніторингу для запобігання перегріву та утворення небезпечних концентрацій. Для аналізу ризиків розглядають такі дані:

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

- Температура спалаху мастильних матеріалів: $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Температура самозаймання полімерів (ABS, ПА): $350\text{--}400\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Гранично допустима концентрація (ГДК) летких органічних сполук (ЛОС): $< 50\text{ мг/м}^3$.

Таблиця 7.2 – Розрахунок енергії вибуху та теплового ризику

Параметр	Одиниці виміру	Розрахункове значення	Джерело небезпеки
Мінімальна енергія запалювання	мДж	0,2	Пил полімерів
Максимальний тиск вибуху	бар	8,5	Пара мастильних матеріалів
Концентрація вибухонебезпечного пилу	г/м ³	30–60	Полімерний пил у повітрі
Температура навколишнього середовища	°C	18–25	Система охолодження
Розрахункова енергія вибуху	кДж	150	Закриті камери лиття

Для мінімізації ризиків використовуються такі рішення:

1. Системи аварійної вентиляції, які забезпечують кратність обміну не менше 10 разів на годину у зонах підвищеної небезпеки.
2. Температурні сенсори для моніторингу нагріву обладнання, з автоматичним відключенням при досягненні критичних значень.
3. Іскрозахищене обладнання, яке зводить до мінімуму ризик займання від електричних пристроїв.

Також слід проводити регулярне очищення виробничих приміщень від полімерного пилу та мастильних залишків, які можуть стати джерелом вибуху. Всі працівники повинні проходити інструктаж щодо дій у разі пожежі або аварійного викиду, а виробничі приміщення мають бути обладнані системами пожежогасіння (водяними або газовими).

Такий підхід дозволить інтегрувати розрахункові методи оцінки ризиків із практичними заходами для забезпечення безпеки в умовах виробництва машин для лиття під тиском.

7.8 Висновки розділу

Ефективне та безпечне використання машин для лиття під тиском вимагає врахування потенційно шкідливих виробничих факторів, дотримання відповідних стандартів і забезпечення належних умов праці за наступними основними аспектами:

1. Виявлення небезпечних факторів, таких як: висока температура, значний тиск, рухомі деталі та викиди шкідливих речовин. Це потребує застосування захисних заходів, зокрема використання бар'єрів, аварійних систем та дотримання ГДК.

2. Вентиляція та якість повітря важлива для організації повітрообміну згідно з нормативами. Це мінімізує ризики, пов'язані з хімічними речовинами.

3. Дотримання рівня освітленості (500–1000 лк), температури світла та індексу передачі кольору сприяє комфорту й точності роботи.

4. Шум і вібрація є також одними з небезпечних факторів впливу на обслуговуючий персонал. Впровадження антивібраційних систем і шумоізоляції має відповідати вимогам до безпеки робочого середовища.

5. Використання вогнестійких матеріалів, зонування робочих приміщень і моніторинг температури забезпечують захист від пожеж та вибухів.

Такий проаналізований комплексний підхід до охорони праці, що включає сучасні технології, навчання персоналу та регулярний контроль, є ключем до ефективної роботи та збереження здоров'я працівників.

					ЛПЗ1мп.167243.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

ВИСНОВКИ

Метою дослідження в рамках магістерської дисертації був аналіз машин для лиття під тиском, з розглядом та виконання подальшої модернізації інжекційного механізму. Також важливою частиною роботи було створення спеціальних розділів. Для цього були проведені наступні дії:

- визначення об'єкту та актуальності дослідження, аналіз призначення приладу, проведення дослідження складових та принципів дії устаткування й порівняння машини з аналогічними моделями;

- проведення пошуку сучасних конструктивних рішень задля подальшого аналізу з метою вибору двох модернізацій для базової машини;

- отримання результатів доцільності використання модернізацій, а саме для інжекційного вузла й механізму запирання, шляхом розроблення модернізованої варіації сопла та гідравлічного затискного циліндра. Створення відповідних розрахунків задля підтвердження працезданності елементів відбувалось в обчислювальній системі Ansys, попередньо створивши моделі з використання систем AutoLISP, Autodesk Inventor та AutoCAD;

- створення розділу «Монтаж і експлуатація» який включав в себе технології збирання вузла машини, монтаж устаткування на фундаменті, експлуатації машини та висновки розділу;

- створення розділу «Стартап-проект» шляхом проведення аналізу ринку, динаміку попиту, потенційні бар'єри та конкурентні переваги, було визначено, що подальша реалізація проекту цілком доречно;

- створення розділу «Охорона праці та техніка безпеки» з дотриманням сучасних та актуальних стандартів;

- підведення висновків, складання переліку посилань, розроблення графічної документації та специфікацій до них; створення додатків до загальної частини роботи.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Український ринок легкових авто з пробігом: підсумки 2023 року.
URL: <https://eauto.org.ua/news/480-ukrajinskiy-rinok-legkovih-avto-z-probigom-pidsumki-2023-roku> (дата звернення: 08.12.2024).
2. Попит на авто в інтернеті: тренди, динаміка, конкуренція / Анна Артеменко та ін. Київ, 2021. URL: <https://olshansky.ua/wp-content/uploads/2021/09/ukr1409.pdf> (дата звернення: 08.12.2024).
3. Суберляк О. В., П. І. Баштанник. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. Львів-Дніпропетровськ, 2006. Р. 4.1.4. Технологія лиття під тиском термопластів 45 с.
4. HYBRID TYPE INJECTION MOLDING MACHINE. FNX-III Series.
URL: <https://www.nisseiamerica.com/fnx3.html> (дата звернення 08.12.2024).
5. PVC Fitting Injection Molding Machine. URL: <https://www.greatplast.com/product/pvc-fitting-injection-molding-machine> (дата звернення 08.12.2024).
6. The precision machine. Techical Description / by Sumitomo (SHI) Demag. Schwaig, 2010. 48 p.
7. IntElekt 50/370-80 / Elektrische Maschi. URL: <https://www.machineseecker.com.ua/sumitomo+demag-intelekt+50%2F370-80+%2F+elektrische+maschi/i-17554978> (дата звернення: 08.12.2024)
8. Douglas Bryce M. Plastic Injection Molding: Manufacturing Process Fundametnals. 1st volume. Dearborn, Michigan : Society of Manufacturing Engineers, 1996. 282 p.
9. P. Beaumont. Tools for Successful Injection Molding. Pennsylvania : Hanserl Publishers, 2004. 300 p.
10. Injection device of injection molding machine with separated injection and loosening structures: пат. CN117863479 Китай: В29С 45/46, В29С 45/58, В29С 45/16. № 202410229085.4 ; заявл. 29.02.2024 ; опубл. 12.04.2024.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

11. Injection molding machine: пат. WO2016095022 Канада: B29C 45/24 2006.1, B29C 45/17 2006.1. № PCT/CA2015/051246 ; заявл. 01.12.2015 ; опубл. 23.06.2016.

12. Nozzle structure of injection molding machine: пат. CN221717665U Китай: B29C45/20. № 202420127254.9 ; заявл. 18.01.2024 ; опубл. 17.09.2024.

13. Nozzle structure of injection molding machine: пат. CN221622851U Китай: B29C45/17, B29C45/20. № 202420122740.1 ; заявл. 17.01.2024 ; опубл. 30.08.2024.

14. Motor direct-driven injection molding machine mold locking structure and injection molding machine with same: пат. CN116811165A Китай: B29C45/66, B29C45/80. № 202311101599.3 ; заявл. 30.08.2024 ; опубл. 29.09.2023.

15. Internal circulation mold closing device: пат. CN110561703A Китай: B29C45/67. № 201910826184.X ; заявл. 03.09.2019 ; опубл. 13.12.2019.

16. Інтелектуальна власність та патентознавство [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за технічними спеціальностями. 5-те вид., переробл. і доповн. / І. О. Мікульонюк ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,62 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 248 с. – Бібліогр.: с. 241–242.

17. Обладнання для лиття, пневмо-вакуумформування [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.І. Сівецький, Д.Г. Швачко. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 140 с.

18. Мікульонюк І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 340 с.: іл. – Бібліогр.: с. 330-332. – 500 прим.

19. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. — К.: Інрес : Воля, 2005. — 264 с.: іл. — Бібліогр.: с. 253—255.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

20. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко . – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с. : іл. – Бібліогр. : с. 196. – 300 прим.

21. A. Gaspar-Cunha. Polymer Processing: Plasticizing in Single Screw Extruders. Lublin : Polithotechnika Lubelska, 2021. 111 p.

22. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас : навч. посіб. / О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, І. О. Мікульонок. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 148 с.: іл. – Бібліогр.: с. 142–144. – 300 прим.

23. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К: Вища шк., 2004. – 655 с.: іл.

24. AutoLISP – AutoCAD. URL: <https://www.autodesk.com/products> (дата звернення: 08.12.2024).

25. Autodesk Inventor Professional. URL: <https://www.autodesk.com/products/inventor> (дата звернення: 08.12.2024).

26. Ansys Engineering Simulation & 3D Design Software. URL: <https://www.ansys.com> (дата звернення: 08.12.2024).

27. Moldflow Design Guide: A Resource for Plastic Engineers. 1st edition / ed. by J. Shoemaker. Framingham, Massachusetts : Moldflow Corpotation, 2006. 346 p.

28. Optimization in Polymer Processing / ed. by A. Covas. New York : Nova, 2011. 239 p.

29. Моделювання обладнання і процесів перероблення полімерних матеріалів методом екструзії [Текст] : монографія / О. Л. Сокольський, І. О. Мікульонок. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 252 с.: іл. Бібліогр.: с. 234–246.

30. ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ГУМИ ТА ПЛАСТМАС. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ Навчальний посібник з вибіркової компоненти відноситься до циклу професійної та практичної підготовки освітньо- професійного рівня «бакалавр з інженерної механіки»

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

для студентів галузі знань 13 Механічна інженерія, спеціальності 131 Прикладна механіка усіх форм навчання. / Уклад. Злочевська Н.К., Тітов В.А.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с.

31. Щербина В.Ю., Гондляр О.В., Чемерис А.О., Швачко Д.Г. AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 175 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732>

32. Щербина В.Ю., Степанюк А.Р. Кожухотрубні теплообмінники. Конструкторське проектування обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 117 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67996>

33. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Конспект лекцій з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 131 Прикладна механіка / А. Я. Карвацький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.91 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 180 с.

34. Thermoforming: Improving Process Performance. 9th volume / ed. by P. Mitchell. Dearborn : Society of Manufacturing Engineers, 1998. 347 p.

35. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

36. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

					ЛПЗ1мп.167243.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

36. Щербина В.Ю., Лелека С.В., Безверхий І.О. Методологія проектування. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 119 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67997>

37. Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Гондлях О.В. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Лінії для виготовлення листових і профільних полімерних виробів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 113 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732>

38. Semeniuk, S., Levytskyi, V., Fomina, O., Fedorchenko, K., Yudina, N., Ratynskiy, V., Shcherbatiuk, O., Bendiuh, V., & Zhurakivska, Y. (2024). Overcoming barriers to digitalization of small and medium-sized enterprises under martial law. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(13 (129), 57–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304997> [Scopus / Web of Science] <https://journals.urau.ua/eejet/article/view/304997> .

39. Yudina Nataliya. Business Forecasting of Marketing Activity Riskiness of Companies in Markets. Economic Bulletin of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". №17(2020). P. 372-383. URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/216380/>

40. Nataliya Yudina, Olena Pidlisna Marketing Perception Of Technological Uncertainty By Decision-Makers. Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2021. №18 (2021). PP. 1-10 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/238105>

41. Nataliya Yudina Future Study Implementation Into Marketing Activity Of Companies. Economic Bulletin Of National Technical University Of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". Kyiv: Management And Marketing Faculty Of National Technical University Of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv

					ЛПЗ1мн.167243.01-70ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Polytechnic Institute”, 2021. №18 (2021). PP. 1-9 URL : <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/240315>

42. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

43. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futurollog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

44. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв [Текст] : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 419 с.: іл. – Бібліогр.: с. 413–415.

45. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ.: 2006. - 270 с

46. Щербина В.Ю., Гондляр О.В., Сівецький В.І. Іжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Механічне обладнання для виробництва в'язучих будівельних матеріалів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 147 с. URL <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45720>

47. Douglas Bryce M. Plastic Injection Molding: Material Selection and Product Design Fundamentals. 2nd volume. Dearborn, Michigan : Society of Manufacturing Engineers, 1997. 409 p.

					ЛПЗ1мп.16 7243.01- 70ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Перелік розглянутих патентів

№ п.п	Предмет пошуку	Країна (рік публікації), № свідоцтва, МПК, автор, організація	Сенс заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1.	Injection device of injection molding machine with separated injection and loosening structures	Китай (2024); CN117863479; B29C 45/46, B29C 45/58, B29C 45/17; Li Jun, Zhang Xianbao; Sino Holdings Group Co., Ltd	Інжекційний механізм для машин лиття під тиском включає ковзну платформу, основний інжекційний циліндр, допоміжні випускні циліндри, гідравлічну систему та раму. Розділення функцій інжекції зменшує складність механізму, мінімізує інерційність і підвищує стабільність. Основний циліндр здійснює ковзний рух платформи, синхронізуючи роботу допоміжних циліндрів для контролю процесу інжекції. Гідравлічна система додає точності та забезпечує стійкість.
2.	Injection molding machine	Канада (2016); WO2016095022; B29C 45/24 2006.1, B29C 45/17 2006.1; Halter Christophe, Ludwig Sylvain, Mai Arnold Heinz; Husky Injection Molding Systems Ltd	Корисна модель стосується інжекційного механізму, вузол якого включає кільцевий фільтр, напрямну розплав, знімний наконечник та запірний клапан. Під час інжекції матеріал проходить через фільтр. У фазі декомпресії фільтр зміщується, відкриваючи обхідний канал. Це забезпечує ефективну фільтрацію, регулювання потоку та зручність очищення.
3.	Nozzle structure of injection molding machine	Китай (2024); CN221717665U; B29C 45/20; Lin Baifeng; Wuxi Huarong Digital Control Machinery Co Ltd	Сопло з функцією вивантаження залишків матеріалу включає основний інжекційний канал, додатковий канал для видалення залишків, регулюючий клапан і знімний наконечник. Під час роботи залишки матеріалу спрямовуються через додатковий елемент за допомогою регулюючого клапана. Конструкція забезпечує швидке видалення залишків, мінімізацію їх змішування та підготовку сопла до наступного циклу.

Продовження табл. А.1

4.	Nozzle of injection molding machine	Китай (2024); CN221622851U; B29C 45/17; B29C 45/20; Pan Yipeng, Liu Chuan; Wuhan Yongjiasheng Auto Parts Co Ltd	Сопло з системою потрібної фільтрації включає задню насадку, насадку серцевини фільтра, фільтрувальну камеру з входною, кільцевою та вихідною канавками, а також напрямний конус і передню насадку. Розплавлений матеріал проходить через ці елементи, де очищується, рівномірно змішується та прискорюється для подачі в прес-форму. Вузький зазор між напрямним конусом і камерою оптимізує потік, зменшуючи час циклу.
5.	Motor direct-driven injection molding machine mold locking structure and injection molding machine with same	Китай (2023); CN116811165A; B29C 45/661 (CN), B29C 45/80 (CN); Lyu Sijia; Sharemay Plastic Mould Ind Co Ltd	Блокуюча конструкція прес-форми з лінійним приводом включає рейку, хвостову пластину, з'єднувальний механізм, другу пластину та головну пластину. Лінійний привод рухає ведучу пластину, яка через шатунні забезпечує фіксацію форми. Система виявлення положення контролює силу затиску та автоматично коригує параметри для стабільної роботи.
6.	Internal circulation mold closing device	Китай (2019); CN110561703A; B29C 45/67; Li Jianjun, Chen Junshou, Jiang Tao, Wang Yuepeng, Tan Wanhong, Bai Chunguang; Guangdong Bloomachine Co Ltd	Механізм запирання вдосконалено завдяки інтеграції системи внутрішньої циркуляції мастила, що забезпечує регульовану подачу гідравлічної рідини до робочих порожнин. Ключовими елементами є клапан, що розділяє порожнини, і мастилопровід, який контролює потік мастила. Це рішення забезпечує рівномірний розподіл зусиль, зменшує знос деталей та втрати енергії.

[illegible]

Позиція	Позначення	Назва	Кількість.	Примітки	
		Документація			
AI	ЛПЗ1мп.167243.001-70ВЗ	Загальний вигляд			
		Складальні одиниці			
1	ЛПЗ1мп.167243.001.01	Плунжер	1		
2	ЛПЗ1мп.167243.001.02	Виштовхувач	1		
3	ЛПЗ1мп.167243.001.03	Упор	1		
		Деталі			
			1		
4	ЛПЗ1мп.167243.001.04	Кришка	1		
5	ЛПЗ1мп.167243.001.05	Гільза	1		
6	ЛПЗ1мп.167243.001.06	Поршень	1		
7	ЛПЗ1мп.167243.001.07	Кільце ущільнююче 60	1		
8	ЛПЗ1мп.167243.001.08	Циліндр внутрішній	1		
9	ЛПЗ1мп.167243.001.09	Кільце ущільнююче 80	4		
10	ЛПЗ1мп.167243.001.10	Поршень	1		
11	ЛПЗ1мп.167243.001.11	Ущільнення 80	2		
12	ЛПЗ1мп.167243.001.12	Втулка направляюча	1		
13	ЛПЗ1мп.167243.001.13	Втулка направляюча	1		
14	ЛПЗ1мп.167243.001.14	Втулка	1		
15	ЛПЗ1мп.167243.001.15	Втулка	1		
16	ЛПЗ1мп.167243.001.16	Кільце	1		
17	ЛПЗ1мп.167243.001.17	Кільце ущільнююче	1		
18	ЛПЗ1мп.167243.001.18	Корпус	1		
19	ЛПЗ1мп.167243.001.19	Штифт 8x16	2		
		ЛПЗ1мп.167243.001-70ВЗ			
Зм	Лист	№ документа	Підп	Дата	
Розроб.	Романчук В.В.				
Перев.	Сівецький В.І.				
Н. контр.					
Затв.	Сокольський О.Л				
		Механізм інжекції	Літер	Лист	Листів
				1	2
			НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІХФ, ЛП-31мп		

Позиція	Позначення	Назва	Кількість.	Примітки
20	ЛПЗ1мп.167243.001.20	Палець	1	
21	ЛПЗ1мп.167243.001.21	Пластина опорна	1	
22	ЛПЗ1мп.167243.001.22	Пластина	1	
23	ЛПЗ1мп.167243.001.23	Кільце ущільнююче	1	
24	ЛПЗ1мп.167243.001.24	Кільце упорне	1	
25	ЛПЗ1мп.167243.001.25	Кінцевий упор	1	
		Стандартні вироби		
26	ЛПЗ1мп.167243.001.26	Гвинт М8х40	4	
27	ЛПЗ1мп.167243.001.27	Ущільнення 50	4	
28	ЛПЗ1мп.167243.001.28	Ущільнення 60	1	
29	ЛПЗ1мп.167243.001.29	Кільце упорне	80	
30	ЛПЗ1мп.167243.001.30	Манжета шевронна	80	
31	ЛПЗ1мп.167243.001.31	Кільце нажимне	80	
32	ЛПЗ1мп.167243.001.32	Кільце нажимне 72	1	
33	ЛПЗ1мп.167243.001.33	Манжета 72	7	
34	ЛПЗ1мп.167243.001.34	Кільце упорне 72	1	
35	ЛПЗ1мп.167243.001.35	Болт М8х40 ГОСТ 7805-62	2	
36	ЛПЗ1мп.167243.001.36	Гвинт М6х40 ГОСТ 1476-75	2	