

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.Л. Сокольський**

«_____» _____ 2023 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності *133 - галузеве машинобудування*

на тему: **Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми**

Виконав студент *IV к., ЛП-91*
(шифр групи)

Синиця Артем Олександрович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник зав. каф., доц., д.т.н. Сокольський Олександр Леонідович
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з розділів:

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**

ОХОРОНА ПРАЦІ _____ **Ковтун А.І.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент (-ка) Синиця А.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.Л. Сокольський**

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Синиця Артему Олександровичу

(П.І.Б.)

1. Тема проекту: Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми
2. керівник проекту: зав. кафедри, Сокольський Олександр Леонідович
затверджена наказом по університету від « 26 » травня 2023 р. № 2024-с
3. Строк подання студентом проекту « 16 » червня 2023 р
4. Об'єкт дослідження: _____
5. Вихідні дані: Машина для лиття під тиском: продуктивність 1000 кг/год; потужність 230 кВт; маса 32т. Розміри робочої частини валків: діаметр – 750 мм, довжина 1800, ширина оброблюваного матеріалу 1000...1300 мм.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити): Вступ, Опис технологічного виробництва транспортерної стрічки, Каландра як складова лінії виробництва, Технічна характеристика базової машини, Літературно-патентний огляд з вибору модернізації, Охорона праці, Висновки, Розрахунки які підтверджують працездатність конструкції, Розрахунки на міцність, Тепловий розрахунок, Розрахунки 3D-моделі за допомогою системи Ansys, Технологія виготовлення деталі вибір пристосування, Загальні висновки, Використані джерела, Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

1. Технологічна лінія переробки полімерних матеріалів ЛП91.137242.000-70ТС

2. Машина для лиття під тиском ЛП91.137242.001-70ВЗ

3. Прес-форма базова ЛП91.137242.002-70СК

4. Прес-форма модернізована ЛП91.137242.003-70СК

5. Результати розрахунків в системі Ansys ЛП91.137242.004-70РР

6. Трикулачковий патрон ЛП91.137242.005-70СК

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	Борщик С.О.		
Охорона праці	Ковтун А.І.		

7. Дата видачі завдання 23.05.23 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Опис конструкції і принцип роботи машини для лиття під тиском	23.05.23-24.05.23	
2	Розробка креслення машини. Її технічна характеристика	25.05.23-26.05.23	
3	Літературно-патентний пошук	27.05.23-28.05.23	
4	Розрахунки параметричні та на міцність основної модернізації	29.05.23-30.05.23	
5	Розробка креслень базової та модернізованої прес-форми	31.05.23-01.06.23	
6	Розроблення розділу «Охорона праці»	02.06.23-03.06.23	
7	Створення розділу «Технологія машинобудування»	04.06.23-05.06.23	
8	Створення розрахункової моделі в Ansys	06.06.23-07.06.23	
9	Створення плакатів з р-тами розрахунку	08.06.23-09.06.23	
10	Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки	10.06.23-11.06.23	
11	Оформлення записки і креслень	12.06.23-16.06.23	

Студент

_____ (підпис)

А.О. Синиця

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

О.Л. Сокольський

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Реферат з ключовими словами (українська мова).....	1
Реферат з ключовими словами (іноземна мова).....	1
Перелік позначень	1
I Пояснювальна записка (ЛП91.137242.001-70ПЗ).....	24
II Розрахунки (ЛП91.137242.002-70РР)	38
III Технологія машинобудування (ЛП91.137242.003-70ТЕ).....	23
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	2
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	3
ДОДАТКИ.....	1
Додаток А. Таблиця розглянутих патентів	1
Додаток Б. Технологічна лінія виробництва	1
Додаток В. Загальний вид машини.....	1
Додаток Г. Прес-форма базова	1
Додаток Д. Прес-форма модернізована	1
Додаток Е. Результати розрахунків в системі Ansys	1
Додаток Є. Трикулачковий патрон	1
Додаток Ж. Тези	1

					<i>ЛП91.137242.00-70</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Синиця А.о.</i>			<i>Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Керівник</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>							87
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91</i>			
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>							

РЕФЕРАТ

Була розроблена бакалаврська дипломна робота з теми "Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми". Метою проекту було поліпшення прес-форми машини. Дипломна робота складається з графічної частини та трьох розділів: пояснювальна записка, розрахунки та технологія машинобудування. Пояснювальна записка містить шість розділів, включаючи вступ, список використаних джерел та висновки. Загальний обсяг роботи становить 78 сторінок, з 18 рисунками, 1 таблицею та 21 джерелами. Графічна частина включає 6 креслень.

В дипломному проекті детально описано технологічну лінію переробки полімерних виробів, в якій використовується машина для лиття під тиском. Були вивчені функції та розташування машини у технологічній схемі.

В роботі наведені технічні характеристики, проаналізована конструкція та принцип роботи машини для лиття під тиском, проведені розрахунки параметрів, кінематики та міцності основних конструктивних елементів машини, що підтверджують її ефективність та надійність в цілому.

Для визначення оптимального шляху модернізації машини для лиття під тиском було проведено літературний та патентний пошук. У рамках модернізації була змінена прес-форма, що дозволило виготовляти пластмасові вироби з закладними деталями за допомогою пристрою для введення закладних деталей у задану координату порожнини форми.

Також були розроблені розділи щодо охорони праці для безпечної роботи та монтажу та експлуатації машини. Тези за темою роботи були представлені на науково-практичній конференції ІХФ НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського" 14-15 червня 2023 року.

Ключові слова: МАШИНА ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, ПРЕС-ФОРМА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, НАПІВМУФТА.

ABSTRACT

A bachelor's thesis was developed on the topic "Injection molding machine with mold modernization". The goal of the project was to improve the press form of the machine. The thesis consists of a graphic part and three sections: an explanatory note, calculations and mechanical engineering technology. The explanatory note contains six chapters, including an introduction, a list of sources used, and conclusions. The total volume of work is 78 pages, with 18 figures, 1 table and 21 sources. The graphic part includes 6 drawings.

The diploma project describes in detail the technological line for the processing of polymer products, which uses an injection molding machine. The functions and location of the machine in the technological scheme were studied.

The paper presents technical characteristics, analyzed the design and principle of operation of the injection molding machine, performed calculations of parameters, kinematics and strength of the main structural elements of the machine, which confirm its efficiency and reliability in general.

A literature and patent search was conducted to determine the optimal way to modernize the injection molding machine. As part of the modernization, the mold was changed, which made it possible to manufacture plastic products with embedded parts using a device for inserting embedded parts into the specified coordinate of the mold cavity.

Occupational health and safety sections have also been developed for safe operation and installation and operation of the machine. Theses on the topic of the work were presented at the scientific and practical conference of the IHF NTUU "KPI " on June 14-15, 2023.

Keywords: INJECTION MOLDING MACHINE, TECHNOLOGICAL LINE, PRESS FORM, MODERNIZATION, CALCULATIONS, HALF COUPLING.

І РОЗДІЛ «ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «МАШИНА ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ З
МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПРЕС-ФОРМИ»

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИПУ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ.....	3
2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МАШИНИ..	6
3. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ.....	8
4. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД З ВИБОРУ МОДЕРНІЗАЦІЇ	9
4.1 Літературно-патентний огляд варіантів модернізації прес-форми...	9
4.2 Обґрунтування вибору модернізації	14
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	17
5.1 Повітря робочої зони	18
5.2 Виробничий шум.....	19
5.3 Електронебезпека.....	19
5.4 Освітлення	21
5.5 Пожежонебезпека	22
5.6 Висновки	24
ВИСНОВКИ.....	25

					<i>ЛП91.137242.001-70ПЗ</i>						
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розроб.</i>		<i>Синиця А.О.</i>								1	24
<i>Керівник</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>									
<i>Реценз.</i>											
<i>Н. Контр.</i>											
<i>Затверд.</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>			<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91</i>						

ВСТУП

Лиття під тиском є одним з основних методів переробки полімерів. Він широко застосовується при виробництві самих різних виробів з пластмас, гумових сумішей чи їх складових у процесі переробки. Ця технологія дозволяє створювати високоякісні і точні вироби з різною складністю форм та розмірів, що знайшло широке застосування в промисловості. При формуванні методом лиття під тиском полімер спочатку розплавляється, а потім під високим тиском вприскується в порожнину закритої форми, в якій матеріал охолоджується та застигає. Одна з основних частин при переробці - матеріальний циліндр, який нагрівається до 200-350 °С для пластмас та до 80-120 °С для реактопластів, після чого матеріал транспортується до литтєвої форми для охолодження до 20-40 °С та застигання.

Лиття під тиском - дискретний високовиробничий процес, який можна автоматизувати з використанням найпростіших серійних приладів та програмних блоків. Цей метод дуже популярний для виготовлення складних матеріалів з малою товщиною стінок та закритою формою.

У дипломній роботі розглянуті питання відповідно до теми:
«Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми».

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ

Машина для лиття під тиском, яка зображена на рисунку 1.1, складається з двох основних робочих компонентів - корпусу та черв'яка (шнека). Корпус машини виготовлений у формі товстостінного циліндра, а черв'як служить для перекачування матеріалу через завантажувальну горловину. Під час роботи машини, полімерний матеріал переміщується за допомогою обертання черв'яка. Цей процес викликає інтенсивну деформацію матеріалу та забезпечує його транспортування по внутрішній полості машини[1].

У машині для лиття під тиском існує три основні зони роботи, через які проходить полімерний матеріал у напрямку руху. Перша зона - зона живлення, де матеріал поступає до машини і частково переробляється. Ця зона характеризується збільшенням об'ємом гвинтового каналу. Друга зона - зона плавлення, в якій матеріал ущільнюється та дегазується. У цій зоні спостерігається зменшення об'єму гвинтового каналу за рахунок параметрів глибини та/або кроку нарізки. Третя зона - зона дозування, де відбувається кінцеве змішування матеріалу та подача тиску для його подальшого виходу через сопло до прес-форми. Кожна зона відокремлена перегородкою, а температура в цих зонах підтримується за допомогою системи охолодження та теплоізоляційного матеріалу, який оточує корпус машини[2].

Корпус машини для лиття під тиском складається з двох частин: завантажувальної горловини і частини для плавлення матеріалу. Завантажувальна горловина представляє собою товстостінний циліндр з отвором, іноді з водяною рубашкою і вставною гільзою.

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці компоненти корпусу машини з'єднані між собою за допомогою фланців та інших споріднених елементів. У частині корпусу, де відбувається плавлення матеріалу, розташовані нагрівники. Для часткового охолодження використовуються канали, що прокладені у складній конструкції корпусу[3].

У якості основного елемента машини для лиття під тиском використовується черв'як, який має багато параметрів. Серед них - ступінь тиску, заходи нарізки гвинтового каналу, профіль і крок. Ці параметри безпосередньо впливають на діаметр черв'яка, який загалом не може бути меншим ніж 20 мм.

Оскільки ця частина піддається значному нагріванню, була введена система охолодження для зниження температури завантажувальної горловини, робочих органів і мастила. [4,5]

Блок радіально-упорних підшипників з'єднується з завантажувальною частиною за допомогою фланця. Черв'як з'єднується з втулкою блоку підшипників за допомогою шліцевого з'єднання, а втулка в свою чергу з'єднується з валом тихохідного редуктора. Прес-форма безпосередньо з'єднана зі станиною за допомогою спеціальних тримачів і є останньою частиною машини.

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МАШИНИ

У цій схемі представлена технологічна лінія, яка може бути розглянута як лінія з переробки полімерних матеріалів за допомогою вторинних матеріалів. Машина для лиття під тиском (термопластавтомат) розташована на кінці цієї лінії і може легко автоматизуватись. Це поширена та сучасна практика, яка дозволяє отримувати різноманітні складні конструкції з мінімальними затратами енергії та праці.

За даною схемою можна зрозуміти наступне: транспортер 1 доставляє пакети з матеріалом до дробарки 2. Після подрібнення відходів у дробарці, вони промиваються та подаються через пневматичний шляхопровід у повітряний класифікатор 3, де важкі домішки відокремлюються від загальної маси матеріалу (приблизно 3%). Після цього відходи проходять повторну переробку в дробарці другого ступеня 2 (одновалкова) та проходять через магнітний класифікатор 4, щоб усунути металеві залишки. Потім подрібнені відходи промиваються водою і піддаються сушінню у відцентровій сушарці 7 з використанням детергентів. Сухий матеріал переміщується у турбінному млині 8, щоб уникнути утворення грудок і забезпечити його використання в останній машині технологічної лінії. Коли матеріал потрапляє до термопластавтомата 9, відбувається формування виробів, і в разі появи браку існує можливість повторного використання матеріалу завдяки особливостям цієї технологічної

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

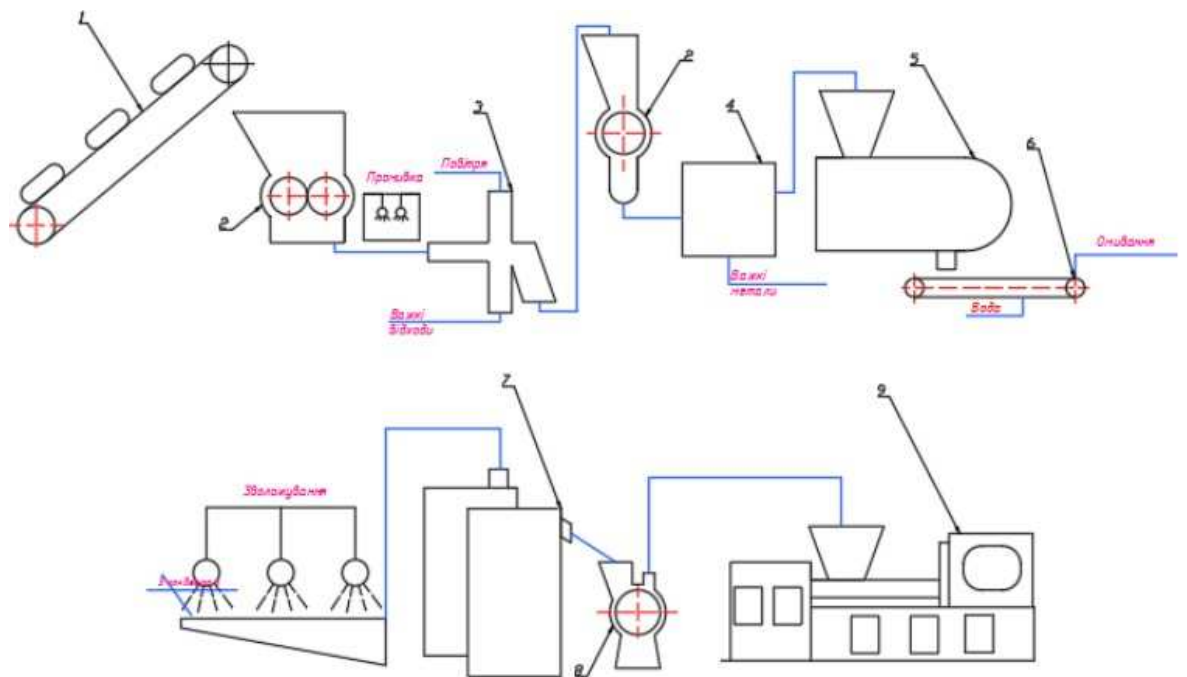


Рис. 1.2 – Технологічна лінія переробки полімерних матеріалів зі вторинної сировини

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

3. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ

Табл. 3.1.

№	Технічні характеристики	Значення	Одиниці вимірювання
1	Найбільший об'єм впорскування	200	см ³
2	Номінальний тиск лиття	130	МПа
3	Найбільша об'ємна швидкість впорскування	110	см ³ /с
4	Номінальний діаметр черв'яка	0,05	м
5	Частота обертів черв'яка	70	об/хв
6	Номінальне зусилля запирання	0,06	кН
7	Хід рухомої плити	1000	мм
8	Висота інструменту, що встановлюється	0,32	м
9	Найбільша відстань між рухомою та нерухомою плитами	0,64	м

					<i>ЛП91.137242.001-70ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

4. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД З ВИБОРУ ВАРІАНТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРЕС-ФОРМИ

4.1 Літературно-патентний огляд варіантів модернізації прес-форми

Було зроблено огляд технічної літератури з метою аналізу конструкцій і принципу дії прес-форми. Для вибору варіанту модернізації пластинчастого живильника знайдено 4 технічних рішень на основі патентів [6-10]. Розглянемо їх детальніше.

В джерелі [6] винахід відноситься до технологічної оснастки для виготовлення виробів з полімерів. В основу винаходу поставлена задача створення такої прес-форми для лиття під тиском полімерів, яка шляхом введення нових елементів і нового виконання відомих, дозволила б підвищити продуктивність і зменшити енергоємність процесу лиття. Поставлена задача вирішується тим, що прес-форма для лиття під тиском полімерів містить рухому плиту з пневмоциліндром, пуансон та пуансонотримач, який шарнірно закріплений на рухомій плиті, плиту знімну, яка має можливість поздовжнього руху вздовж пуансона, нерухому плиту з матрицею та литниковою втулкою, яка має центральний литниковий отвір, згідно винаходу, додатково містить пружний елемент, встановлений з можливістю взаємодії з литниковою втулкою, литникова втулка додатково має бічні литникові отвори в частині, прилеглий до матриці, виконана із ступінчасто-змінним діаметром зовнішньої поверхні та встановлена з можливістю зворотно- поступального руху у напрямку поздовжньої осі.

Запропонований винахід дозволяє суттєво знизити тиск впорскування та сприяє економії сировини за рахунок відсутності відходів у вигляді литників.

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це дає можливість застосовувати у технологічному циклі машини з низьким робочим тиском, які дешевші та споживають менше електроенергії. Також, за рахунок зниження тиску впорскування, збільшується термін експлуатації технологічної оснастки.

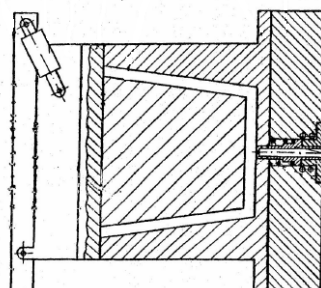


Рис 4.1

В джерелі [7] винахід відноситься до технологічної оснастки для виготовлення виробів із полімерів. В основу винаходу поставлена задача створення такої прес-форми для лиття під тиском полімерів, яка шляхом введення нових елементів і нового виконання відомих дозволила б вирівняти тиск розплаву полімеру по всій довжині виробу, який відливається, які відливаються. Поставлена задача вирішується тим, що у прес-формі для лиття під тиском полімерів, яка містить плити з оформленими елементами для утворення формуючої порожнини, литникову систему, яка обігривається, перепускний литниковий канал із засобом для дроселювання потоку полімеру, рециркуляційний канал для з'єднання перепускного литникового каналу з ділянкою пластикації термопласт автомата, датчик стану розплаву, згідно винаходу, засіб для дроселювання потоку полімеру виконаний у вигляді черв'ячного підживлювача, черв'як якого встановлений з можливістю обертання навколо своєї осі з заданою частотою та з можливістю реверсу.

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4.2 Обґрунтування вибору модернізації прес-форми

Провівши ретельний літературно-патентний огляд, прийшли до висновку, що найбільш актуальною буде розробка прес-форми для виготовлення пластмасових виробів із закладними деталями, яка містить формоутворювальні елементи і щонайменше один пристрій для введення закладних деталей в пластмасу, яка відрізняється тим, що пристрій для введення закладних деталей виконано у вигляді порожнистого циліндричного щупа з завантажувальною горловиною, всередині якого трозміщується виштовхувач, при цьому виштовхувач і щуп оснащені незалежними приводами.

Відома прес-форма для лиття під тиском, яка має формоутворювальні елементи для створення формуючої порожнини. Однак, у цій конструкції є недолік: неможливість додавання додаткових елементів, наприклад закладних деталей або інтелектуальних датчиків, у фіксовану точку перерізу полімерного виробу під час формування.

Найближчою за технічними характеристиками та результатами до запропонованої корисної моделі є прес-форма для виготовлення пластмасових виробів із закладними деталями, яка також включає формоутворювальні елементи для створення порожнини та пристрої для введення закладних деталей в пластмасу. Однак, недоліком цієї відомої прес-форми є відсутність надійної фіксації закладних деталей на пристроях для введення, що може спричинити зміщення закладних деталей зі свого заданого місця розташування.

У корисній моделі ставиться завдання вдосконалення прес-форми для виготовлення пластмасових виробів із закладними деталями шляхом встановлення принаймні одного пристрою для введення закладних деталей у задану координату порожнини форми.

					ЛП91.137242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Корисна модель працює в такий спосіб

Підготовлену порція полімеру з певним тиском впорскують у формуючу порожнину 3 прес-форми, яка утворена матрицею 1 та пуансоном 2 до моменту її заповнення. Щуп 4 в цей момент знаходиться в початковому положенні. У його внутрішню порожнину подається закладна деталь , завдяки тому, що отвір у стінці прес-форми та горловина 5 на поверхні щупа 4 сполучаються. Привід 6 переміщує щуп 4 в напрямку формуючої порожнини 3 на задану величину, після чого привід 7 переміщує виштовхувач 8 по внутрішньому каналу щупа 4, виштовхує закладну деталь в заповнену формуючу порожнину 3 на задану величину ходу щупа 4. Після виштовхування закладної деталі щуп 4 разом із виштовхувачем 8 переміщуються в початкове положення приводом 6. Здійснюється витримка матеріалу в формуючій порожнині 3 під заданим тиском протягом заданого часу. Після витримки форма розкривається, а виріб виймається з формуючої порожнини 3.

Таким чином, формується полімерний виріб із закладними елементами, які розташовані в заданій точці об'єму без контакту з його зовнішньою поверхнею.

					<i>ЛП91.137242.001-70ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно з законодавством України щодо охорони праці для обслуговуючого персоналу, необхідно створити безпечні та нешкідливі умови праці на підприємствах. Ці умови включають наступні аспекти:

- раціональне використання площі виробничих приміщень та правильне розташування обладнання;
- правильна експлуатація обладнання та організація технологічних процесів;
- захист працюючих від негативного впливу шкідливих умов праці;
- дотримання санітарно-гігієнічних норм та правил у виробничих приміщеннях, на місцях розташування обладнання та на робочих місцях;

Основна мета цих вимог полягає у забезпеченні безпеки та здоров'я працівників, запобіганні виникненню негативного впливу шкідливих факторів на їхнє здоров'я та забезпеченні оптимальних умов праці. Додержання цих вимог є важливим кроком у створенні безпечного та здорового робочого середовища для обслуговуючого персоналу на підприємствах.

У даному дипломному проекті розроблено машину для лиття під тиском з модернізацією прес-форми.

Небезпечними і шкідливими факторами, які впливають на оператора, що у свою чергу здійснює безпосередню установку параметрів технологічного процесу та його контроль, є:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум;
- електробезпека;
- освітлення;
- пожежонебезпека.

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

5.1 Повітря робочої зони

Робота оператора, який обслуговує машину для лиття під тиском, відповідає категорії 1b фізичних робіт відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 з енерговитратами 121..150 ккал / г.

В операторській зоні встановлена загальнообмінна вентиляційна система, яка забезпечує подачу свіжого повітря та видалення забрудненого повітря за допомогою механічної витяжки. Для фільтрації повітря від пилу використовується скруббер. В цій системі повітря подається у робочу зону за допомогою приточної вентиляції, а забруднене повітря віддаляється через витяжку, які працюють одночасно. Приточування повітря проводиться у робочу зону, а витяжка знаходиться у верхній частині приміщення.

Ця система вентиляції забезпечує належні умови праці для оператора, забезпечуючи свіже та чисте повітря в робочій зоні, а також видалення шкідливих речовин та забруднення.

Також у робочу зону оператора оснащено кондиціонером та системою опалення.

Всі ці заходи дають змогу забезпечити санітарні норми згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007, а саме:

- температуру повітря 20-23°C в холодну пору року та 22-25 °C в теплу;
- запиленість повітря – 0,1 мг/м³;
- гранично допустима концентрація пилу в повітрі де не виявлено SiO₂ у вільному вигляді – 6 мг/м³;
- відносну вологу 40-60%.

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Виробничий шум

Головними джерелами шуму під час роботи машини є гідродвигуни, вентилятори охолодження, електродвигуни, механізм підводу сопла і механізм запирання.

З урахуванням процесу переробки, в машині можна виділити наступні види шуму: вузькополосний, непостійний механічний, аеродинамічний шум і гідродинамічний шум, з рівнем звуку $L=95$ дБА. Згідно з базовими стандартами (ДСН 3.3.6.037-99), цей рівень шуму не повинен перевищувати $L=80$ дБА.

З метою обмеження та захисту від виробничого шуму приймаються такі заходи:

- змащування всіх поверхонь, які зазнають тертя;
- використання спеціальних прокладочних матеріалів, що беруть участь у даному процесі;
- застосування кожухів для захисту конструкцій.

Ці заходи спрямовані на зниження рівня шуму, що генерується машиною, та забезпечення безпечних робочих умов для персоналу, що працює навколо неї. Для захисту органів слуху оператора, при проведенні робіт поза операторською використовуються навушники, а саме Peltor Optime II - Hi-Visibility компанії ЗМ

5.3 Електронебезпека

Виробниче приміщення, в якому знаходиться пункт керування машиною для лиття під тиском, відповідно до Правил устрою електроустановок (ПУЕ), відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом. Для живлення установки використовується трифазна напруга $U=220/380$ В з частотою $f=50$ Гц і глухо-заземленою нейтраллю.

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Існує кілька причин, які можуть призвести до ураження обслуговуючого персоналу:

- помилкове вмикання установки;
- пробій на корпусі;
- дотик людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції та втрата її ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, які можуть бути під напругою в разі короткого замикання;

Згідно з ПУЕ-2017 трифазні ланцюги при напрузі до 1000 В розглядаються як трьохпровідні ланцюги з глухо-заземленою нейтраллю.

Небезпека ураження людини визначається опором ланцюга, через який протікає струм. Зменшення опору збільшує ризик ураження.

У нормальних умовах для оцінки тривалого впливу струму використовується значення сили струму $I=0,01$ А. При тривалому дотику до напруги допустима сила струму визначається так, щоб не спричиняти небезпеки серцевим ритмом.

Безпеку експлуатації устаткування забезпечують організаційні та технічні заходи захисту, такі як використання низької напруги, захисний поділ мереж, контроль і профілактика ушкодження ізоляції, подвійна ізоляція, недоступність струмоведучих частин, захисне заземлення, захисне занулення, захисне відключення та використання засобів індивідуального захисту, а саме діелектричні рукавички.

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Для запобігання травмам рекомендується дотримуватись таких заходів обережності:

- розмістити вимикачі установки в спеціальній шафі;
- захистити силові кабелі захисними металевими рукавами;
- забезпечити можливість швидкого відключення установки у разі дотику людини до напруги;
- встановити спеціальні індикатори включення установки на панелі керування;
- застосувати затискання для підключення заземлення до частин установки, які можуть бути під напругою;

Також рекомендується використовувати постійні знаки "Земля" біля датчиків занулення, що нанесені незмивною фарбою згідно з відповідними нормами.

Для перевірки електричної міцності ізоляції застосовується іспитова напруга $U=200$ В з частотою $f=50$ Гц протягом 1 хвилини. Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 мОм.

Отже, безпека експлуатації устаткування забезпечується за допомогою організаційних та технічних заходів захисту, спрямованих на запобігання ураженню електричним струмом.

5.4 Освітлення

Для забезпечення високоякісного освітлення приміщення, де розташована, машина для лиття під тиском використовуються світильники серії НВ, зокрема:

- світильник НВД 250 М, який використовує ртутну лампу типу ДРЛ;
- світильник НВН, який використовує металогалогенну лампу типу ДРИ;
- світильник НВС, який використовує натрієву лампу типу ДНаТ;

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

З огляду на можливий ризик раптового відключення електромережі, рекомендується встановити блок аварійного живлення. Цей блок вбудований у світильник і призначений для використання з лампами потужністю від 13 Вт до 58 Вт.

Важливо зазначити, що рівень освітлення відповідає нормам ДБН В.2.5-28:201 де E_n (необхідний рівень освітленості) становить 150 люксів, а E_f (фактичний рівень освітленості) становить 200 люксів.

5.5 Пожежонебезпека

Найбільш імовірними причинами, що можуть спричинити загорання, є наступні фактори:

- несправність електроустаткування;
- струми короткого замикання та перевантаження кабелів живлення;
- загорання ізоляції електропроводки;
- загорання сировини ПЕВГ (полімери етилену високої густини);
- використання вогню в неналежному місці.

Згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016, приміщення, де розташована машина для лиття під тиском, відноситься до категорії В (пожежонебезпечні), оскільки містить горючі речовини, а клас зони - П Па (ПУЕ-2017). За ДБН В.1.1-7:2016 таке приміщення відноситься до першого ступеня вогнетривкості.

Для запобігання загорянню вживаються наступні заходи:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- обмеження використання відкритого вогню;
- паління дозволяється лише у відведених для цього місцях;
- проведення своєчасного інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- організація агітації щодо протипожежної безпеки;
- наявність системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС) та засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявність засобів пожежогасіння в безпосередній близькості від установки, таких як пісок, ковдри, вогнегасники.

Для гасіння невеликих ділянок загорання, якщо електроустаткування включене або виключене (до 1000 В), застосовують вуглекислотні вогнегасники та порошкові.

У приміщенні встановлені пожежні гідранти та теплові сповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до заданої межі. Захисту статичної електрики досягається за допомогою занулення.

Первинними засобами гасіння пожежі є порошкові вогнегасники ДСТУ 3105 Вексон-АВС 50 ТУ 2149-028-10968286, кількість яких така:

- "САМ-6", "САМ-9"
- ящики з піском
- гасіння (стаціонарне, ручне)
- пожежні гідранти

Установки пожежогасіння (порошкові закачні) мають принцип дії, який комбінується з принципом дії теплового замка, що дозволяє використовувати "САМ-3", "САМ-6", "САМ-9" для протипожежного захисту об'єктів без участі людини. Вони придатні для гасіння пожеж класу А (тверді речовини), класу В (рідкі речовини) та класу С (газоподібні речовини) відповідно до ДСТУ EN 2:2014, а також для електроустановок, кабельних тунелів під напругою до 1000 В. Ці установки також можуть використовуватись як автономний засіб пожежогасіння для захисту невеликих об'єктів за обсягом, таких як гаражні бокси, контейнери, дизельні відсіки, склади тощо.

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Установки виготовляються в кліматичному виконанні з категорією розміщення 3 згідно з нормами для роботи при температурах від -20 до +50°C та відносної вологості повітря до 95%.

У приміщенні, де розташована установка, на відстані 30 метрів один від одного розміщені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу не перевищує 40 метрів. Кількість виходів - не менше двох. Ширина ділянки шляху евакуації становить 1,5 метра, ширина дверей еваковиходу - 1 метр. Двері еваковиходу повинні відкриватись на зовні, що відповідає СНиП 2.09.02-85.[11]

5.6 Висновок

Важливим елементом системи охорони праці є належне застосування заходів для запобігання негативним наслідкам на виробництві. Якщо ці заходи вживаються відповідальними операторами та керівництвом, це може допомогти знизити ризик виникнення небезпек і травматизму працівників.

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті була розроблена машина для лиття під тиском, яка застосовується в пластиковому виробництві.

Проект включає в себе вступ, опис призначення та області застосування машини, технологічний процес та його схеми, технічні характеристики машини для лиття під тиском, опис конструкції, основних збірних одиниць та деталей, патентний огляд та відповідність вимогам безпеки праці.

Проект також містить розрахунки, що демонструють ефективність і надійність конструкції машини для лиття під тиском.

Основним аспектом цього проекту є модернізації прес-форми шляхом встановлення пристрою для введення закладних деталей у задану координату порожнини форми, який представляє собою порожнистий циліндричний щуп з завантажувальною горловиною, в середині якого розміщується виштовхувач.

У проекті також містяться креслення, до яких додається комплект специфікацій.

					ЛП91.117242.001-70ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

II РОЗДІЛ «РОЗРАХУНКИ»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «МАШИНА ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД
ТИСКОМ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПРЕС-
ФОРМИ»

ЗМІСТ

1. РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ.....	2
1.1 Розрахунок параметрів черв'яка з умов забезпечення заданих параметрів лиття	2
1.2 Розрахунок продуктивності	7
1.3 Розрахунок ливникової системи	8
1.4 Розрахунок системи охолодження прес-форми	10
1.5 Розрахунок кількості гнізд прес-форми	15
1.6 Розрахунок довжини руху прес-форм.....	16
1.7 Розрахунок параметрів приводу обертового руху шнека.....	17
1.8 Розрахунок параметрів приводу поступового руху шнека	19
1.9 Розрахунок наконечника на міцність	21
1.10 Розрахунок черв`яка на міцність	21
1.11 Розрахунок черв`яка на жорсткість	24
2. РОЗРАХУНКИ 3D-МОДЕЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ANSYS.....	25
2.1 Розробка 3D моделі корпусу гідроциліндру	25
2.2 Розрахунки модернізованої моделі в системі Ansys.....	26
2.4 Висновки	27

					<i>ЛП91.137242.002-70PP</i>								
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми</i>								
<i>Розроб.</i>		<i>Синиця А.О.</i>								<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Перевір.</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>									1	27	
<i>Реценз.</i>										<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91</i>			
<i>Н. Контр.</i>													
<i>Затверд.</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>											

1. РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Розрахунок параметрів черв'яка

Для забезпечення необхідного об'єму закачування для циклу V_H , а також враховуючи пластифікаційну здатність $q_{пл}$ і номінальний тиск заливки P_l , проводиться розрахунок діаметра черв'яка. Розрахунок буде здійснюватись за методикою [12].

1. Коефіцієнт для розрахунку діаметра черв'яка D_1 , що забезпечує необхідний об'єм вприску за цикл V_H :

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{V_H \cdot K}{(0,785 \cdot K_1)}} = \sqrt[3]{\frac{1,2 \cdot 175 \cdot 10^{-6}}{(2,5 \cdot 0,785)}} = 0,047 \text{ м,}$$

де $V_H = 175 \cdot 10^{-6}$ м³ – об'єм вприску за цикл,

$K = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує витік і стиснення полімеру при вприску,

$K_1 = 2,5$ – коефіцієнт геометрії черв'яка.

2. Діаметр черв'яка з умови забезпечення пластифікаційної здатності можна розрахувати по формулах, що містять ряд параметрів, що ускладнюють розрахунок. Приблизні емпіричні або практичні співвідношення можуть бути корисними для цієї мети:

$$D^2 = \sqrt[2,5]{\frac{q_{пл}}{0,7}} \cdot 10^{-2} = \sqrt[2,5]{\frac{33}{0,7}} \cdot 10^{-2} = 0,0467 \text{ м,}$$

де $q_{пл} = 33$ кг/ч – пластикаційна здатність.

									Арк.
									2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП91.13724.2.002-70PP				

3. Для визначення діаметра черв'яка D_H з урахуванням заданого тиску лиття P_L , ми використовуємо діаметр поршня гідроциліндра прижиму. Заданий тиск лиття P_L , тиск $P_{ГД}$ в системі та діаметр черв'яка D_1 або D_2 використовуються для визначення діаметра поршня гідроциліндра.

$$D_H = \sqrt{\frac{P_L \cdot D_1^2}{P_{ГД}}} = \sqrt{\frac{0.05^2 \cdot 130}{10}} \sim 1.18 \text{ м,}$$

де $P_L = 130$ МПа – тиск лиття,

$D_1 = 0.05$ м – діаметр черв'яка,

$P_{ГД} = 10$ МПа – тиск в гідросистемі.

4. По знайденому P_L , рахуємо діаметр D_3 :

$$D_3 = \sqrt{\frac{P_{ГД} \cdot D_{л1}^2}{P_L}} = \sqrt{\frac{0.18^2 \cdot 10}{130}} = 0.049 \text{ м,}$$

де $P_L = 130$ МПа – тиск лиття,

$D_{л1} = 0.18$ м – діаметр поршня гідроциліндра вприску, $P_{ГД} = 10$ МПа – тиск в гідросистемі.

З урахуванням D_1 , D_2 , D_3 приймаємо $D_1 = 0.05$ м.

5. Хід черв'яка при розрахунковому D_H уточнюють за виразом:

$$H_{ш} = \frac{4 \cdot V_p}{(D_H^2 \cdot n)} = \frac{2,1 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{(0.05^2 \cdot n)} = 0.11 \text{ м,}$$

					ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $D_H = 0.05$ м – номінальний діаметр черв'яка,

$$V_p = V_m \cdot K = 1.2 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 2.1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

де $K = 1.2$ – коефіцієнт, що враховує витік і стиснення полімеру при вприску,

$$V_m = 200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \text{ – об'єм вприску за цикл.}$$

6. Визначаємо фактичний тиск лиття при номінальному діаметрі черв'яка D_H і діаметрі поршня D_p :

$$P_\phi = \frac{D_n^2 \cdot P_{гд}}{D_H^2} = \frac{0.18^2 \cdot 10}{0.05^2} = 130 \text{ МПа},$$

де $D_p = 0.18$ м – діаметр поршня гідроциліндра вприску,

$P_{гд} = 10$ МПа – тиск в гідросистемі,

$D_H = 0.05$ м – номінальний діаметр черв'яка

7. Визначаємо довжину зони дозування:

$$L_d = 0.3 \cdot L_p = 0.3 \cdot 1 = 0.3 \text{ м},$$

де

$$L_p = D_H \cdot 20 = 0.05 \cdot 20 = 1 \text{ м}.$$

8. Визначаємо довжину зони завантаження:

$$L_z = 0.55 \cdot L_p = 0.55 \cdot 1 = 0.55 \text{ м}.$$

9. Знаходимо довжину зони пластикації:

$$L_\pi = 0.15 \cdot L_p = 0.15 \cdot 1 = 0.15 \text{ м}.$$

					ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Основні геометричні параметри черв'яка можна виразити

через коефіцієнти K_2 , K_3 , K_4 :

$K_2 = 0.133$ – відношення глибини каналу черв'яка в зоні завантаження h_1 до діаметру D ,

$K_3 = 1$ – відношення кроку черв'яка t до діаметру D ,

$K_4 = 0.11$ – відношення товщини витка каналу черв'яка до діаметру D .

10. Глибина нарізки черв'яка у зоні завантаження:

$$h_1 = D \cdot K_2 = 0.05 \cdot 0.133 = 0.0066 = 0.007 \text{ м.}$$

11. Діаметр стержня у зоні завантаження:

$$d_1 = D - 2 h_1 = 0.05 - 0.007 \cdot 2 = 0.036 \text{ м.}$$

12. Крок нарізки:

$$t = D \cdot K_3 = 0.05 \cdot 1 = 0.05 \text{ м.}$$

13. Товщина витка:

$$e = K_4 \cdot D = 0.11 \cdot 0.05 = 0.0055 \text{ м.}$$

14. Кут під'йому винтової лінії гребня черв'яка φ :

де $t = 0.05$ м – крок гвинтової лінії,

$$\varphi = \arctg(0.318) = 17^\circ 45'.$$

					ЛП91.137242.002-70PP	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Глибина каналу в області дозування визначається як $h/K5$, де $K5$ є відношенням глибини каналу в області завантаження h_1 до глибини каналу в області дозування h_2 . Значення $K5$ визначається ступенем стиску черв'яка і дорівнює 2,3.

16. Діаметр черв'яка у зоні дозування:

$$d_2 = D - 2h_2 = 0,05 - 0.003 \cdot 2 = 0.044 \text{ м.}$$

17. Глибина нарізки у зоні пластикації дорівнює половині суми висоти каналів у зоні завантаження і дозування

$$h_3 = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0.07 + 0.003}{2} = 0.005 \text{ м.}$$

18. Діаметр черв'яка у зоні пластикації:

$$d_3 = D - 2h_3 = 0.05 - 0.005 \cdot 2 = 0.04 \text{ м.}$$

19. Довжина частини хвостовика:

$$L_H = 2,1D = 0.05 \cdot 2.1 = 0.105 \text{ м.}$$

20. Довжина хвостовика:

$$L_x = (1 \dots 2) \cdot D = 1.8 \cdot 0.05 = 0.09 \text{ м.}$$

21. Діаметр хвостовика: $d_x = 0.045 \text{ м.}$

22. Довжина накінецьника $L_T = 0.12 \text{ м.}$

23. Зазор між корпусом та черв'яком: $\delta = 0.0001 \text{ м.}$

					<i>ЛП91.13724.2.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1.2 Розрахунок продуктивності

У даній технологічній лінії для машини з лиття під тиском продуктивність може бути визначена через продуктивність зони дозування, де полімерна сировина знаходиться у вигляді гранул. Розрахунок зони подачі, де відбувається переміщення полімеру, здійснюється на основі теорії переміщення об'ємних тіл, теорія розрахунку зони стиснення поки що не відома:

$$Q = \pi^2 \cdot \rho \cdot n(D - h_1)h_1 \frac{\tan \alpha \tan \varphi}{(\tan \alpha + \tan \varphi)}$$

$$Q = 0,950 \cdot 3,14^2 \cdot 10^3 \cdot 80 \cdot 10^{-3} (50 \cdot 10^{-3} - 7 \cdot 10^{-3}) h_1 \frac{0,3 \tan 17,45}{0,3 + \tan 17,45} = 95 \text{ кг/год}$$

де $\rho = 0.950 \text{ т/м}^3$ – густина полімеру (поліетилену), [13]

$n = 20 \dots 180 \text{ об/хв.} = 90 \text{ об/хв.}$ – частота обертання черв'яка,

$D = 50 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – діаметр черв'яка,

$h_1 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ – глибина нарізки черв'яка у зоні завантаження, $\varphi = 17045'$

– кут тертя матеріалу о метал,

$\tan \alpha = f = 0.1 \dots 0.9 = 0.3$ м – коефіцієнт тертя матеріалу об холодну поверхню. [7]

					ЛП91.137242.002-70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок ливникової системи

У складі будь-якої ливникової системи присутні три основні елементи: центральний канал, розводячий канал і впускний канал.

Для формування центрального каналу використовується спеціальна ливникова втулка, яка має форму усіченого конуса. Діаметр центрального каналу на вході в ливникову втулку визначається:

$$d_{1p} = 0,2 \cdot \sqrt{\frac{V_{в.н.}}{\pi v \tau}} = 0,2 \sqrt{\frac{158 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 110 \cdot 4}} = 3 \text{ мм},$$

де $V_{в.н.} = m/\rho = 150/0,950 = 158 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3$ - обсяг чи упорскування сума обсягів виробів, що одночасно відливаються ($m = 150 \text{ г}$ для 4 виливків – маса виробу);

$\rho = 0.950 \text{ г/см}^3$ – густина поліетилену;

$V = 110 \text{ мм/с}$ [8] - середня швидкість плинину матеріалу в ливниковій втулці;

$T = 4 \text{ сек}$ - тривалість упорскування).

Діаметр d_2 центрального ливникового каналу на виході у залежності від кута ϕ конуса [8]. При $\phi = 40^\circ$ і $d_{1p} = 3 \text{ мм}$ - $d_2 = 8 \text{ мм}$. Максимально припустиме значення $d_{2\text{max}}$ центральні ливникові канали на виході:

$$d_{2\text{max}} = e + 1.5 = 8 + 1.5 = 9.5 \text{ мм},$$

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

Так як $d_{2\text{max}} > d_2$ і центральний літник не примикає до виробу, то зприймаємо $d_1 = d_{1p} = 3 \text{ мм}$, $d_2 = 8 \text{ мм}$.

					ЛП91.137242.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Розводящі ливникові канали є складовою частиною ливникової системи, яка з'єднує порожнини форми з центральним ливником. Форма розводячого каналу приймається у вигляді трапеції, оскільки вона є більш технологічною та менш працезатратною для виготовлення.

Розміри перетину розводящих каналів визначаємо з літератури [14] і приймаємо $b = 4$ мм, $h = 2$ мм, $F_{п.с} = 26.8$ мм². Впускні канали є останньою ланкою в змішувачі ливникових каналів, що підводять матеріал до порожнини форми.

Площа перетину цього каналу визначається:

$$F_{в.н} = \frac{F_{у.н}}{n_{в.н}} = \frac{r^2 \cdot \pi}{n_{в.н}} = \frac{3.14 \cdot (0,001 \cdot 2.25)^2}{4} = 3.976 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

де $F_{у.н}$ - площа перетину вхідного отвору центрального каналу,

$n_{в.н} = 4$ - кількість впускних каналів.

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.

Завершальним етапом розрахунку ливникової системи є розрахунок вентиляційних каналів. Ці канали розташовуються в областях, які заповнюються розплавом в останню чергу. Їх головна функція полягає у забезпеченні вільного виходу повітря та газів під час лиття.

Площа перетину вентиляційного каналу одного гнізда:

$$F = f \cdot V_T = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 59.73 = 0.29 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2,$$

де $f = 5 \cdot 10^{-3}$ мм²/см³ - площа питомого перетину вентиляційного каналу [13], $V = 59.73$ см³ – обсяг гнізда форми.

					ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Залежно від матеріалу, в нашому випадку це поліетилен, глибина каналу $h_1=0,04$ мм. Вентиляційний канал має довжину $L=2$ мм і переходить в канал глибиною $h_2=2$ мм, який з'єднується з атмосферою. Ширина каналу приймається як $b=1,8$ мм. Число каналів виходячи з конструкторських розумінь приймаємо 4 [14]. Канали виготовляються в формі після тестування, і лише якщо поперечний переріз зазорів у рухливій частині прес-форми менший, ніж розрахункова величина F_b .

1.4 Розрахунок системи охолодження прес форми

Задля розрахунку системи охолодження прес-форми маємо дані:

- розмір форми - 360x316x316;
- матеріал для лиття - поліетилен з максимальною товщиною 8мм у формі колеса з розмірами 60x18;
- температура полімерного розплаву $t_p = 1350C$;
- температура навколишнього середовища $t_{н.с.} = 200C$;
- температура води на вході тв.п. = 160C;
- температура форми $t_{ф.} = 57,50C$;
- температура готового виробу $t_{д.} = 600C$;
- маса виробу $G_{д.} = 35г$.

Безрозмірна температура:

$$\theta = \frac{t_{ф} - t_{д}}{t_{ф} - t_{н}} = \frac{57.5 - 60}{57.5 - 135} \sim 1$$

									ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						10

Час охолодження виробу:

$$\tau_{\text{охл.}} = \frac{0,405(\delta \cdot 0.5)}{a} L_n(1.27 \cdot \theta) = \frac{0.405(0.5 \cdot 8 \cdot 10^{-3})}{0.85 \cdot 10^{-7}} L_n(1 \cdot 1.27) = 46 \text{ с,}$$

де $a = 0.85 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ - коефіцієнт температуропровідності поліетилену в умовах переробки;

$\delta = 8 \text{ м}$ - максимальна товщина стінки.

Повний час циклу:

$$\tau_{\text{цикл}} = \tau_{\text{мех}} + \tau_{\text{охл}} = 15 + 46 = 61 \text{ сек,}$$

де $\tau_{\text{мех}} = 15 \text{ с}$ - час механічної роботи машини [14]. Площа поверхні форми:

$$\begin{aligned} F &= (L_1 B_1 + L_1 H_1 + H_1 B_1) + (L_2 B_2 + L_2 H_2 + H_2 B_2) = \\ &= (0.285 \cdot 0.316 + 0.285 \cdot 0.316 + 0.316 \cdot 0.316) + (0.075 \cdot 0.316 + 0.075 \cdot 0.316 + 0.316 \cdot 0.316) = \\ &= 0.427 \text{ м}^2, \end{aligned}$$

де L_1 , B_1 , H_1 , L_2 , B_2 , H_2 - лінійні розміри частин форми, що оформляють;

$L_1 = 0.285 \text{ м}$, $B_1 = 0.316 \text{ м}$, $H_1 = 0.316 \text{ м}$, $L_2 = 0.075 \text{ м}$, $B_2 = 0.316 \text{ м}$,

$H_2 = 0.316 \text{ м}$.

Витрата води:

$$\begin{aligned} G_B &= \frac{G_D C_D (t_{\text{п}} - t_{\text{д}}) + \alpha_{\text{ф}} G_{\text{ф}} (t_{\text{ф}} - t_{\text{визн}})}{C_x (t_{\text{вк}} - t_{\text{вп}})} = \frac{1.92 \cdot 10^3 \cdot 0.035 (135 - 60) + 0.427 \cdot 9 (57.5 - 30.5)}{4200 (45 - 16)} = \\ &= 0.042 \text{ кг/с} \end{aligned}$$

					ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

де $C_d = 1.92 \text{ кДж/кг} \cdot \text{0C}$ - середня теплоємність полістиролу;
 $\alpha_f = 9 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{0C}$ - коефіцієнт тепловіддачі вільної конвекції від форми
в навколишнє середовище;

$C_x = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{0C}$ - теплоємність охолоджуючої рідини при
визначальній температурі,

$t_{\text{визн}} = 0.5 \cdot (t_{\text{вп}} + t_{\text{вк}}) = 0.5 \cdot (45 + 16) = 30.5 \text{ 0C}$ – визначальна
температура.

Площа поверхні оформлення деталі пуансоном і матрицею:

$$F_{\text{оп}} = 2\pi R(R + H_1) = 0.02 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot (0.02 + 0.01) = 0.0037 \text{ м}^2,$$

де $R = 0.02 \text{ м}$ – радіус пуансона;

$H = 0.01 \text{ м}$ – висота пуансона.

$$F_{\text{ом}} = 2\pi R_1(R_1 + H_1 + \delta) = 0.03 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot (0.03 + 0.018 + 0.008) = \\ = 0.0106 \text{ м}^2,$$

де $R_1 = 0.03 \text{ м}$ – радіус матриці;

$H_1 = 0.018 \text{ м}$ – висота матриці;

$\delta = 8 \text{ мм}$ – товщина стінки виробу.

Перетин каналів пуансона і матриці:

$$f_{\text{п}} = \frac{G_{\text{п}}}{\rho_{\text{в}} v} = 0.018 \cdot 10^3 \text{ м}^2,$$

де $\rho_{\text{в}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$ – густина води,

$v = 1$ – швидкість води в каналі віднесена до 1 мм за 1 с,

					<i>ЛП91.13724.2.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$G_{\Pi} = \frac{2 \cdot F_{\text{оп}} \cdot G_{\text{д}}}{F_{\text{оп}} + F_{\text{ом}}} = \frac{2 \cdot 0,0337 \cdot 0,035}{0,0037 + 0,0106} = 0,018 \text{ кг/с.}$$

$$f_{\text{м}} = \frac{g_{\text{м}}}{p_{\text{в}} \nu} = \frac{0,034}{10^3 \cdot 1} = 0,034 \cdot 10^3 \text{ м}^2,$$

де $p_{\text{в}} = 10^3 \text{ кг/м}^3$ – густина води,

$\nu = 1$ – швидкість води в каналі віднесена до 1 мм за 1 с,

$$G_{\text{м}} = 2G_{\text{д}} - G_{\Pi} = 0,035 \cdot 2 - 0,018 = 0,034 \text{ кг/с.}$$

Діаметри каналів пуансона і матриці круглого перетину:

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,018 \cdot 4 \cdot 10^3}{3,14}} = 4,79 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$d_{\text{м}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{м}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,034 \cdot 4 \cdot 10^3}{3,14}} = 6,58 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо $d_{\Pi} = d_{\text{м}} = 10 \text{ мм.}$

Режим руху води в каналі:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{1,159 \cdot 10^{-6}} = 8682,$$

де $\nu = 1,159 \cdot 10^{-6}$ – кінематична в'язкість води.

Значення критерію Рейнольдса відповідає перехідному режиму руху води[15], тому критерій Нусельта:

$$Nu = 2,26 \cdot 10^4 \cdot Re^{1,3} \cdot Pr^{0,43} = 2,26 \cdot 10^4 \cdot 8628^{1,3} \cdot 8,27^{0,43} = 73,34,$$

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

										Арк.
										13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП91.137242.002-70PP					

1.5 Розрахунок кількості гнізд пресформи

Для визначення кількості гнізд у прес-формі необхідно враховувати певні параметри ливарної машини, такі як вага упорскування, пластикаційна продуктивність та зусилля змикання.

Кількість гнізд n_1 , виходячи з ваги упорскування машини:

$$n_1 = \frac{G_b}{k_1 G_g} = \frac{150}{3.5 \cdot 1.1} = 4,$$

де $G_b = 150$ г. [13] - вага упорскування машини;

$k_1 = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує вагу ливникової системи щодо ваги однієї деталі,

$G_g = 35$ г. - вага однієї деталі.

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

$$n_2 = \frac{Q \cdot (T_b \cdot G_g + T_x)}{3,6 \cdot k_1 \cdot G_g} = \frac{92 \cdot (0,035 \cdot 1 + 20)}{3,6 \cdot 0,035 \cdot 3600 \cdot 1,1} = 23,$$

де $T_b = 1$ - тривалість витримки деталі у розрахунку на 1 г. ваги;

$T_x = 20$ с. [16] - тривалість циклу, що включає час змикання форми підведення сопла, упорскування пластмаси, розмикання форми, виштовхування деталі та іншого.

Кількість гнізд n_3 :

$$n_3 = \frac{P}{1,25 \cdot P_0 \cdot k_2 \cdot F} = \frac{10^6}{1,1 \cdot 2,75 \cdot 10^{-3} \cdot 1,25 \cdot 60 \cdot 10^6} = 4$$

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП91.137242.002-70PP				

де $P = 1000$ кН - зусилля змикання форми;

$P_0 = 60$ МПа – тиск пластмаси в гнізді;

$k_2 = 1.1$ [9] - коефіцієнт, що враховує площу ливникової системи (у плані),

$F = 2.75 \cdot 10^{-3}$ м² – площа деталі (у плані).

Приймаємо кількість гнізд $n=4$.

1.6 Розрахунок довжини руху прес-форми

Орієнтовно хід рухливої частини форми L_x можна визначити із урахуванням для деталей, що вимагає застосування стрижневих виштовхувачів:

$$L_x = l + c \leq L_m = 18 + 60 = 78 \leq 320 \text{ мм,}$$

де $l = 18$ мм – висота деталі;

Значення $c = 60$ мм враховує висоту центрального литника, просвіт, який необхідний для видалення деталі, а також інші характеристики, які впливають на процес зняття деталі. Для форм, що використовують стрижневу і точково-стрижневу систему, ці значення можна знайти у відповідному довіднику[17].

Для зручності можна остаточно прийняти величину довжини шляху рухливої частини форми $L_x = 100$ мм.

					<i>ЛП91.13724.2.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.7 Розрахунок параметрів приводу обертового руху шнека

ДВихідні дані:

- об'єм вприску $V = 200 \text{ см}^3$;
- діаметр шнека $D = 50 \text{ мм}$;
- частота обертання шнека $n_{\text{ср}} = 90 \text{ об/хв.}$;
- тиск відходу черв'яка $P = 5 \text{ МПа}$;

1. Потужність приводу обертового руху черв'яка:

$$N_{\text{вр}} = K(D \cdot 10^3)^{K_1} \cdot 10^3 = 3.41 \cdot 10^{-4} (10^3 \cdot 50 \cdot 10^{-3})^{2,5} \cdot 10^3 \\ = 6.03 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

2. Крутний момент $M_{\text{кр}}$ шнека з частотою його обертання $n_{\text{ср}}$ знаходиться за формулою:

$$M_{\text{кр}} = 9.55 \cdot \frac{N_{\text{вр}}}{n_{\text{ср}}} = 9.55 \cdot \frac{6.03}{70} = 0.82 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $N_{\text{вр}} = 6.03 \text{ кВт}$ - потужність приводу обертового руху черв'яка.

3. За $M_{\text{кр}}$ розраховуємо момент на валу $M_{\text{гд}}$:

$$M_{\text{гд}} = \frac{M_{\text{кр}}}{i \cdot \eta_{\text{д}}} = \frac{823}{20 \cdot 0,95} = 43.3 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $i = 15 \dots 25 = 20$ - передаточне відношення;

$\eta_{\text{д}} = 0,95$ - ККД механічної передачі;

									ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						17

4. Визначаємо подачу насоса q_n :

$$q_n = \frac{q_{гд} \cdot n_{гдо}}{60 \cdot X_{об,гд}} = \frac{90 \cdot 10^{-6} \cdot 1150}{60 \cdot 0,98} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с},$$

де $q_{гд} = 90 \cdot 10^{-6}$ об/хв - подача робочої рідини за один оберт вала;

$n_{гдо} = n_{ср} \cdot i = 90 \cdot 15 = 1150$ об/хв;

$X_{об,гд} = 0,98$ - об'ємний ККД гідро двигуна.

5. Потужність N_n насоса, що на основі гідродвигуна:

$$N_n = \frac{P \cdot q_n}{X_{еф,гд} \cdot X_{еф,н}} = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,7} = 1,12 \cdot 10^4 \text{ Вт},$$

де $P = 5$ МПа – номінальний тиск;

$X_{еф,гд} = 0,8$ - ефективний ККД гідродвигуна;

$X_{еф,н} = 0,7$ - ефективний ККД насоса.

6. Фактична частота обертання вала гідродвигуна під навантаженням:

$$n_{гд,ф} = n_{гдо} (1 - C) = 1050 \cdot (1 - 0,05) = 997,5 \text{ об/хв},$$

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

7. Потужність $N_{гд}$ передавана гідродвигуном шнеку:

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

									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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

Його характеристика:

$$q_n = 1,67 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$P = 6,5 \text{ МПа}.$$

9. Потужність електродвигуна обраного насоса :

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

10. Максимальна можлива частота двигуна за вибраним насосом:

$$n_{\text{гдд}} = \frac{q_n \cdot X_{\text{об.гд}} \cdot 60}{q_{\text{гд}}} = \frac{1,67 \cdot 10^{-3} \cdot 0,98 \cdot 60}{70 \cdot 10^{-6}} = 1400 \text{ об/хв}.$$

1.8 Розрахунок параметрів приводу поступового руху шнека

Вихідні дані:

- номінальний тиск лиття, $P_{\text{л.н.}} = 120 \text{ МПа}$;

- час вприску $t = 4 \text{ с}$.

Обчислюємо потужність приводу для поступового руху шнека, забезпечуючи необхідний тиск для заповнення форми і заданий час вприску.

Насос повинен розвивати тиск, яке забезпечить тиск лиття $P_{\text{л}}$, необхідне для заповнення системи сопло-форма і подолати втрати тиску в інжекційному вузлі ливарної машини.

					<i>ЛП91.13724.2.002-70PP</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

1. Об'ємна швидкість вприску:

$$Q_{\text{впр}} = K_{\text{ут1}} \cdot K_{\text{сж}} \cdot Q = \frac{K \cdot V_{\text{н}}}{t} = \frac{1,3 \cdot 175 \cdot 10^{-6}}{4} = 0,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с},$$

де $V_{\text{н}} = 175 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ - об'єм вприску за цикл.

2. Потужність приводу поступового руху шнека:

$$N_{\text{впр}} = \frac{K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{утч}} \cdot P_{\text{л}} \cdot Q_{\text{впр}}}{X} = \frac{0,75 \cdot 1,05 \cdot 120 \cdot 10^6 \cdot 0,56 \cdot 10^{-4}}{0,9} = 5,88 \text{ кВт}$$

де $K_{\text{пер}} = 0,75$ - коефіцієнт перевантаження;

$K_{\text{утч}} = 1,05$ - коефіцієнт втрати гідросідини;

$X = 0,85 \dots 0,9 = 0,9$ = ККД насосу і гідросистеми вприску.

3. Максимальний крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{9550 \cdot N_{\text{д}}}{n} = \frac{9550 \cdot 19,4}{1400} = 132 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де $n = 1400 \text{ об/хв.}$ - частота двигуна.

4. Осьове зусилля:

$$P_{\text{ос}} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}} \cdot \text{tg} \varphi}{D} = \frac{2 \cdot 132 \cdot \text{tg} 17,45}{0,05} = 1689,6 \text{ Н},$$

де $D = 0,05 \text{ м}$ - діаметр черв'яка,

$\varphi = 17^\circ 45'$ - кут тертя матеріалу о метал.

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП91.13724.2.002-70PP

1.9 Розрахунок наконечника на міцність

Для розрахунку наконечника задаємо дані:

матеріал і термообробка Сталь 38Х2МЮА, НВ 260...280;

питомий тиск лиття - $P=120$ МПа;

зовнішній діаметр контакту наконечника і компенсатора - $D=30$ мм;

внутрішній діаметр контакту наконечника і компенсатора - $d=21$ мм.

Напруга зняття в місці контакту наконечника і компенсатора:

$$[\sigma_{см}] = \frac{P \cdot D^2}{D^2 - d^2} = \frac{120 \cdot 10^6 \cdot 0,03^2}{0,03^2 - 0,021^2} = 235 \text{ МПа.}$$

Напруга зминання, що допускається:

$$[\sigma_{см}]_2 = 240 \text{ МПа.}$$

1.10 Розрахунок черв'яка на міцність

Вихідні дані: Матеріал черв'яка сталь 38ХМЮА, границя текучості

$\sigma_T = 450$ МПа , діаметр черв'яка 50мм.

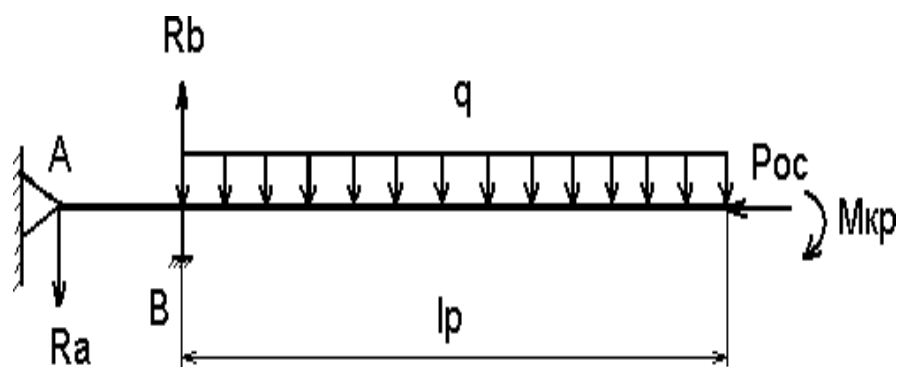


Рис. 4.1. - Розрахункова схема черв'яка на міцність та жорсткість

1. Полярний момент інерції:

$$I = \frac{d_1^4 \cdot \pi}{64} (1 - \alpha^4) = \frac{0.036^4 \cdot 3,14}{64} (1 - 0.72^4) = 6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4,$$

де $\alpha = 0,72$ - відношення діаметра стрижня черв'яка і внутрішнього охолоджувального каналу в небезпечному перерізі.

2. Площа небезпечного перерізу:

$$F_{\text{пер}} = \frac{d_1^4 \cdot \pi}{4} (1 - \alpha^4) = \frac{0.036^4 \cdot 3,14}{4} (1 - 0.72^4) = 0,49 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4,$$

3. Радіус інерції:

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 10^{-8}}{0.49 \cdot 10^{-3}}} = 1.11 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

4. Ступінь твердості черв'яка:

$$\lambda = \frac{l_p \cdot \mu}{i} = \frac{1 \cdot 2}{1.11 \cdot 10^{-2}} = 180,$$

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

Оскільки $\lambda < 209$, то черв'як вважається довгим і розраховується на твердість.

5. Осьовий момент опору:

$$W = \frac{d_1^3 \cdot \pi}{32} (1 - \alpha^4) = \frac{0.036^3 \cdot 3,14}{32} (1 - 0.72^4) = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4,$$

									Арк.
									22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП91.137242.002-70PP				

6. Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{F} = \frac{132}{1,7 \cdot 10^{-6}} = 78 \text{ МПа.}$$

7. Напряга стиску:

$$\sigma_c = \frac{P_{ос}}{F} = \frac{1689,6}{0,49 \cdot 10^{-3}} = 3,45 \text{ МПа.}$$

8. Результати напруги за 3-ьої теорією міцності:

$$\sigma_3 = \sqrt{\sigma^2 - 4\tau^2} = \sqrt{3,45^2 - 78^2 \cdot 4} = 156 \text{ МПа.}$$

9. Запас міцності:

$$N = \frac{\sigma_t}{\sigma_3} = \frac{450}{156} = 2.8$$

					ЛП91.137242.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

1.11 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Вихідні дані: Матеріал черв'яка сталь 38ХМЮА, діаметр черв'яка $d = 50$ мм, зазор між корпусом і черв'яком $\delta_{\max} = (0,002 \dots 0,003)D = 0,1$ мм,

E - модуль пружності, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа. Максимальний прогин розраховується за формулою:

$$\delta = \frac{1}{EI} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \frac{l_p}{2} \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^2} + A \cdot l_p \right) \cos(k \cdot l_p) - \frac{1}{k^2} \left(\frac{q \cdot l_p}{k} - A \right) \cdot \sin(k l_p) \right] =$$
$$= \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2,4 \cdot 10^{-7}} \left[\frac{5,53}{0,375^2} \left(\frac{1}{0,375^2} + \frac{1}{2} \right) - \frac{1}{0,375} \left(\frac{1}{0,375^2} + 17,61 \cdot 1 \right) \cos(0,375 \cdot 1) - \frac{1}{0,375^2} \left(\frac{5,53 \cdot 1}{0,375} - 17,61 \right) \cdot \sin(0,375 \cdot 1) \right] = 0,00042 \text{ мм},$$

де

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

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

Прогин в межах допустимого

										ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
											24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

4 РОЗРАХУНКИ 3D-МОДЕЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ ANSYS

Для оцінки ефективності модернізації було розроблено геометричну модель модернізованої конструкції для моделювання навантаження та закріплень. Була створена 3D-модель за допомогою системи CATIA[19] та проведені відповідні розрахунки в системі Ansys[20].

4.1 Розробка 3D корпусу гідроциліндра

Для початку переносимо готову модель корпусу в систему ANSYS

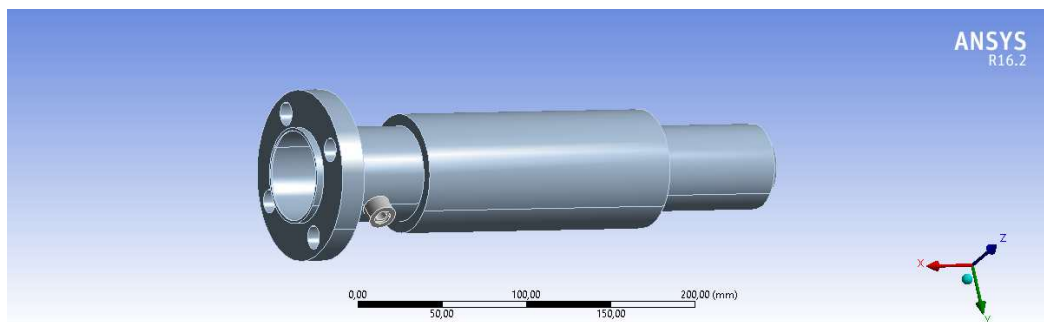


Рис 4.1 – 3D модель корпусу гідроциліндра

Наступним кроком розбиваємо модель на скінченні елементи

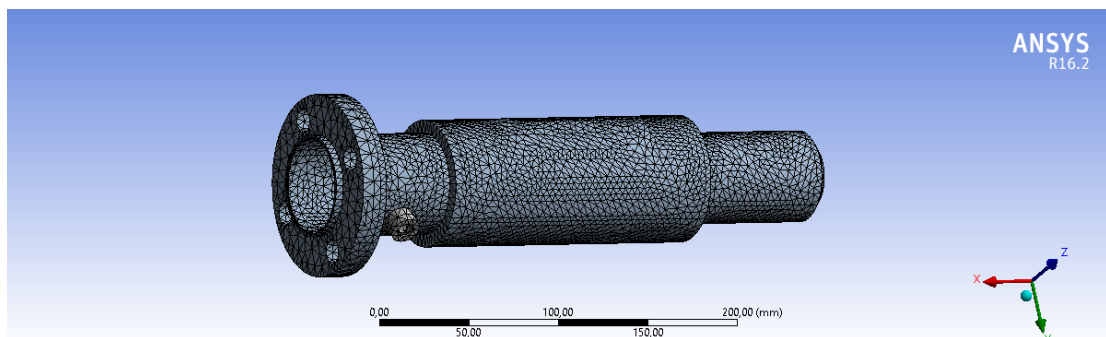


Рис 4.2 – Розбиття корпусу на скінченні елементи

					ЛП91.13724.2.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

III РОЗДІЛ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «МАШИНА ДЛЯ ЛИТТЯ ПІД
ТИСКОМ З МОДЕРНІЗАЦІЄ ПРЕС-ФОРМИ»

ЗМІСТ

1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	2
2. ОПИС І ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ	2
3. ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ.....	14
4. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ І ПРИНЦИП РОБОТИ ПРИСТОСУВАННЯ.	15
5. РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ.....	17
ВИСНОВКИ.....	21
ЛІТЕРАТУРА.....	22

					<i>ЛП91.137242.003-70TE</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Синицяк А.О.</i>			<i>Машина для лиття під тиском з модернізацією прес-форми</i>				
<i>Перевір.</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>							
<i>Реценз.</i>									
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Борщик С.О.</i>							
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
						1	12		
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91</i>				

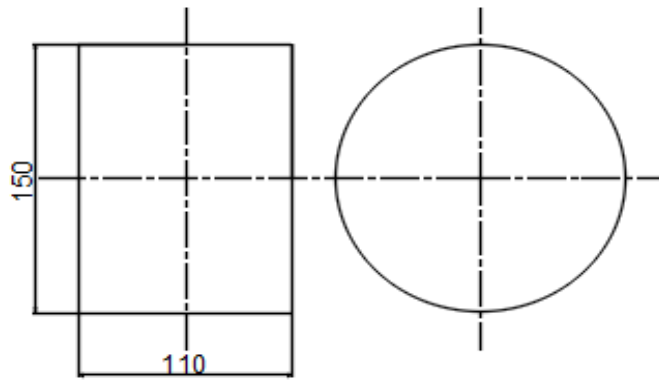


Рисунок 1.2 – Заготовка напівмуфти

Таким чином, основне призначення деталі валу в корпусі підшипника каландра полягає у забезпеченні руху валків каландра, підтримці стабільної роботи механізму та забезпеченні необхідного тиску та тепла для обробки матеріалу.

1. Опис иа призначення деталі

Муфта є циліндричною деталлю з точними отворами, які забезпечують взаємопов'язаність всіх отворів. Проведений аналіз технологічності муфти дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція муфти допускає обробку точної поверхні В та інших поверхонь;
- деталь не має глухих точних отворів і не потребує підрізання внутрішніх або закритих торців;
- всі оброблювані поверхні та отвори або паралельні, або розміщені під прямим кутом один до одного;
- конструкція відрізняється високою жорсткістю і допускає високі режими різання;

					ЛП91.137242.003-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

- деталь має точні поверхні А, В, С, які мають достатні розміри і можуть бути використані як технологічні бази;
- з урахуванням щорічної програми випуску і конфігурації, недоцільно змінювати матеріал деталі або використовувати зварну конструкцію, оскільки прокат спрощує процес її обробки;
- в конструкції муфти передбачені площини і отвори, які можна обробляти стандартним інструментом.

В загальному, конструкція муфти є технологічною, але є кілька зауважень:

- циліндрична частина (6 мм) і з'єднувальна частина (6 мм) є недостатньо товстими. Для поліпшення технологічності можна збільшити їх товщину до 10 мм, якщо це дозволяє простір розташування деталі;
- наявність фаски 1 x 45° в отворі Ø 47H7 може бути виконана після перестановки деталі та просвердлення центрального отвору до прохідного діаметру d=40 мм. Після цього відбудеться розточення або свердління до необхідної глибини;
- необхідно забезпечити необхідні допуски для отворів d=47H7 та d=62H9. Для цього потрібно провести розрахунки і вирішити питання з конструкторами.

Оскільки конкретне призначення муфти невідоме, то залишимо конструкцію без змін.

					<i>ЛП91.137242.003-70TE</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

2. Вибір пристосування

При розгляді пристосувань для фрезерних станків, які передбачають фрезерні операції, основною метою є підвищення продуктивності та полегшення праці робочих у серійному виробництві. Тому пристосування повинні бути швидкодіючими, з оснащенням механізованими силовими приводами та у деяких випадках - напівавтоматичними. Для досягнення високої якості та продуктивності виготовлення напівмуфти, в усіх операціях, наведеними в [1;2], у серійному виробництві використовують спеціальні пристрої з швидкодіючим затисканням заготовок у всіх операціях, зазначених у документах.

При обробці використовують стандартний інструмент. Різальна частина торцевих фрез та різців виготовлена з швидкоріжучої сталі P18Ф2, яка рекомендується для обробки сталі 40Х[3] .

Для свердління, розвертання отворів та нарізання різьби використовують інструменти зі швидкорізальної сталі Р6М5 та інших матеріалів.

3.Опис конструкції і принцип роботи пристосування

Ділильна голівка знаходиться в складальному корпусі, який складається з кутика та плити . У корпусі розміщений шпиндель , який має на одному кінці трьох кулачковий патрон, а на іншому - фланець з пружинним фіксатором. Шпиндель може бути фіксований в осьовому положенні за допомогою гайки . Кутик має 12 отворів, розташованих по колу з однаковим кроком, із загартованими сталевими втулками , які в них впресовані. При повороті, ручку 6, що з'єднана з плунжером штифтом , відтягують і здійснюють необхідний поворот. Пружина допомагає перемістити плунжер фіксатора в потрібне отвір. У цьому положенні шпиндель фіксується тангенційним затискачем за допомогою рукоятки.

									Арк.
									5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП91.137242.003-70TE				

4. Розрахунок пристосування

Для закріплення заготовки в патроні використовується затискний гвинт. Сила притискання заготовки P за допомогою затискних пристроїв визначається:

$$P_{max} = \frac{2M_{MAX} \cdot k}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 46 \cdot 2.5}{1.15 \cdot 0.16} = 9583H$$

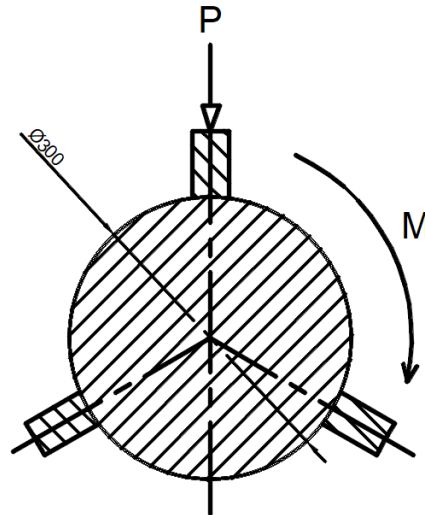


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема сил

M_{max} – максимальній обертовий момент при фрезеруванні пазів М140

$$M_{MAX} = 46Hм$$

D – діаметр базової поверхні, $D=0,15$ м;

K – коефіцієнт запасу, $k=2,5$ f – коефіцієнт тертя, $f = 0,16$

σ – напруження розтягу – стиску матеріалу гвинта, $\sigma = 9 \cdot 10^7$ Па

Діаметр затискного гвинта:

$$d = 1.4 \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma}} = 1.4 \cdot \sqrt{\frac{9583}{9 \cdot 10^7}} = 0.014\text{мм}$$

Діаметр гвинта приймаємо М14.

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП91.137242.003-70TE

Розраховуємо гвинт на стійкість:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F} = \frac{9583}{0.0007} = 13.7\text{МПа}$$

$$13.7\text{МПа} \leq 90\text{МПа}$$

$$\sigma_{сж} \leq [\sigma]_y$$

					ЛП91.137242.003-70TE	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ГОСТ 3.1118-82 форма 1

Розроб.	Синиця																		
Перев.	Борщик																		
Н.контр.																			
Маршрутна карта																			
				літера															
Матеріал				код Одиниці величин и	Вага деталі	Заготовка				Одиниці нормуван ня	Норм а вигра	Коеф використ .матеріал							
Назва, марка		код	код та вид			профіль і розміри	кіль-сть деталей	вага											
Півмуфта, Сталь 40ХС			5			Прокат	D150 L110	1	15										
Номер			Назва та зміст операції	Обладнання (код, назва, інвентарний номер)	Пристрої та інструмент (код, назва)	Тшт.	Тп. 3.												
Цеху	Дільниці	Операції																	
		005	Токарна операція. Точити начорно та начисто пов.1,3,4,5, з підрізанням торців, свердління пов.2	Токарський верстат 16К20	Різці, свердло	30													
		010	Токарна операція. Точити начорно та начисто пов.6,7	Токарський верстат 16К20	Різці	25													
		015	Токарна операція. Свердління та розточування поверхнях 8-10	Токарський верстат 16К20	Свердло, різці	20													
		020	Горизонтально-фрезерна. Чорнове фрезерування чотирьох пазів	Горизонтально-фрезерний верстат 6Р82	Фреза	30													
МК			Обробка різанням																

Викон.	Синиця		Операційна карта механічної обробки			ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2					
Затв.	Борщик					Напівмуфта							
			Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції							
			4	1	005 010	Токарна							
			Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка							
			Сталь 40ХС		5,0	Профіль та розміри		Твердість	Маса				
						D=146 d=40 L=108		НВ=197	15,0				
			Кіль. одночас. оброб.дет.		Обладнання (найменування, модель)								
1		Токарний 16К20Ф3											
Пристосування (код та найменування)		Патрон			Охолодження								
Но-мер пере-ходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T ₀	T _д
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Встановлення заготовки											15	5
2	Точити поверхню 1,3,4,5 начорно та начисто.		Різець фасонний ГОСТ 18875-73	Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	130 90	1240	2	1	0,4	92	52	0,5	1
3	Свердлити поверхню 2		Свердло ГОСТ 886-77	Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	130 90	1240	1	1	0,3	400	168	0,15	0,19
4	Зняти деталь												
ОК	Обробка різанням												
Викон.						ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2					

Синиця		Операційна карта механічної обробки			Напівмуфта										
Затв. Борщик					Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції							
		5	2	015	Токарна										
		Найменування та марка матеріалу			Маса деталі	Заготовка									
		Сталь 40ХС			5,0	Профіль та розміри		Твердість			Маса				
						D=146, L=6		НВ=197			20,0				
		Кіль. одночас. оброб.дет.		Обладнання (найменування, модель)											
		1		Токарний 16К20Ф3											
		Приспосовання (код та найменування)		Патрон			Охолодження					Емульсія			
Но-мер пере-ходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T ₀	T _д		
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	дов-жина	t	i	S	n	V				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	Встановлення заготовки.											15	5		
2	Точіння поверхні 6,7		Різець Прохідний ГОСТ 18869-70	Штангенциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	124 120	100 60	5	1	0,35	720	216	1,0	0,2		
3	Зняти деталь														
ОК	Обробка різанням														

ВИСНОВКИ

У розділі технології машинобудування був розроблений технологічний процес для виготовлення деталі "напівмуфта" і було вибрано пристосування для однієї з операцій виготовлення цієї деталі. В ході виконання завдання було проведено розробку технології, включаючи вибір методу отримання заготовки, підбір устаткування та інструментів для всіх операцій. Також було підготовлено креслення пристосування "Ділильна головка з трьома прихватами", розроблено операційні карти, маршрутну карту і специфікації. Застосування цього пристосування дозволить скоротити час налагодження устаткування і, в результаті, зменшити терміни і собівартість підготовки виробництва.

					ЛП91.137242.003-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дипломна робота має заголовок "Модернізація машини для лиття під тиском з модернізацією прес-форми". В рамках цієї роботи було проведено дослідження машини для лиття під тиском, включаючи її призначення, конструкцію та принцип дії. Також була описана технологічна схема виробництва пластмасових виробів, яка може бути використана і для переробки матеріалів.

Для покращення роботи машини було розглянуто різні патенти, і було прийнято рішення про модернізацію, що дозволило виготовляти пластмасові вироби з закладними деталями за допомогою пристрою для введення закладних деталей у задану координату порожнини прес-форми.

У роботі були також проведені розрахунки, включаючи параметричні, теплові і міцнісні аналізи, в тому числі за допомогою програмного забезпечення ANSYS. Результати показали, що модернізація має сенс і базова конструкція машини може витримати необхідні навантаження.

Дипломна робота також включає розділи про технологію машинобудування та охорону праці.

Написана і опублікована теза за темою дипломної роботи у збірнику XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції ІХФ «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» 14-15 червня 2023 р.

					ЛП91.137242.000-70	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Бортников В. Г. Основы технологии переработки пластических масс. Л.: Химия, 1983.
2. Основы технологии переработки пластмасс: Учебник для вузов/ С. В. Власов, Л. Б. Кандырин, В. Н. Кулезнев и др. — М.: Химия, 2004. — 600с.
3. Брагинский В. А.. Точное литье изделий из пластмасс. — Л.: Химия, 1977. — 112 с.
4. Видгоф Н. Б. Основы конструирования литьевых форм для термопластов. — М.: Машиностроение, 1979. — 261 с.
5. Литье под давлением / М. Б. Беккер, М. Л. Заславский, Ю. Ф. Игнатенко и др. — 3-е изд., пефраб. и доп. М.: Машиностроение, 1990, — 400 с.
6. Сокольський О.Л., Сімончук Є.П. "Моделювання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 119-126. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171203.
7. Патент UA 99063050A, МПК В29С45/26. Пресформа для лиття під тиском полімерів/ Бурмістенков Олександр Петрович, Бурмістенков Олександр Петрович. Заявл. 02.06.1999, опубл. 15.03.2001.
8. Патент UA 200042048A, МПК В29С45/26. Пресформа для лиття під тиском полімерів / Бурмістенков Олександр Петрович, Бурмістенков Олександр Петрович. Заявл. 10.04.2000, опубл. 15.05.2001.
9. Патент UA 4923238A, МПК В29С45/26. Литтєва форма для виготовлення порожнистих виробів / Бакай Сергій Панасович, Бакай Сергій Афанасьевич. Заявл. 07.02.1991, опубл. 28.12.1994.

										Арк.
										1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП91.137242.00-70

10. Патент UA u201702748 U, МПК В29С45/14. Прес-форма для виготовлення пластмасових виробів із закладними деталями/ Сівецький Володимир Іванович, Колосов Олександр Євгенович. Заявл. 24.03.2017, опубл. 10.10.2017

11. 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 данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

12. Лукач Ю.Е., Рябінін Д.Д., Метлов Б.М. та ін. Машини для переробки пластмас. Довідник. М. Машинобудування, 1976.

13. Басов Н.І., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Розрахунок і конструювання машин для виробництва та переробки полімерних матеріалів. М. Хімія, 1986.

14. Меленков Д.Е. Литтєві машини. М. Машиностроение, 1978. UA

15. Писаренко Г.С., Агарьов В.А., Квітка А.Л. та ін. Опір матеріалів.- К.:Вища школа, 1979.

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

17. CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application) [Електронний ресурс]. Режим доступу www.3ds.com.

18. Ansys Engineering Simulation & 3D Design Software Ansys [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ansys.com/>.

19. Міхальов М.Ф. – Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних виробництв. Приклади та задачі. Л: Машинобудування, 1984 – 300с.

										ЛП91.137242.000-70	Арк.
											2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

20. Справочник технолога-машиностроителя. Т. I и 2 – Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 1986. – 823 с.

21. Чернаевский С.А., Снесарев Г.А., Б.С. Козинцов Б.С. – Проектирование механических передач – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984 - 606с

					ЛП91.137242.000-70	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

