

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: Агрегат для виробництва полімерної плівки з модернізацією екструдера

Виконав студент IV к., ЛП-91

(шифр групи)

Цехмейстрок Єлизавета

Сергіївна

(прізвище, ім'я, по-батькові)

(підпис)

Керівник проекту: асистент, Гур'єва Людмила Наумівна

(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) Цехмейстрок Є.С.

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

Цехмейструк Єлизаветі Сергіївні

(П.І.Б.)

1. Тема проекту: Агрегат для виробництва полімерної плівки з модернізацією екструдера

_____ керівник проекту:

асистент, Гур'єва Л.Н. затверджена наказом по університету від

«_____» _____ 20____ р. № _____

2. Строк подання студентом проекту «_____» _____ 20____ р

3. Об'єкт дослідження: _____

4. Вихідні дані: об'єкт розробки – лінія для виготовлення рукавних плівок; габаритні розміри: довжина – L=1,5 м; діаметр корпусу – 0,15 м; ширина полотна 2 м; маса пресу – 300кг; продуктивність 100 кг/год; матеріал – поліетилен високого тиску; густина матеріалу - 970 кг/м³; ширина рукава - 2000; початкова температура – 20 0C; кінцева – 200 0C.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити): Вступ, Опис технологічного виробництва полімерної плівки, ЧП-63 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. Лінія для виробництва полімерної плівки ЛП91.157244.001-70ТС

2. Екструдер ЛП91.157244.002-70ВЗ

- 3. Корпус завантажувальний до модернізації ЛП91.157244.003-70СК**
4. Корпус завантажувальний після модернізації ЛП91.157244.004-70СК
5. Головка кільцева обертова ЛП91.157244.005-70СК
6. Три-кулачковий токарний патрон ЛП91.157244.007-70СК
7. Результати розрахунків з програмного забезпечення Ansys ЛП91.157244.007-70

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	Борщук 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. Призначення і галузь застосування лінії	23.05.23-24.05.23	
2	Розробка креслення каландра. Його технічна характеристика	25.05.23-26.05.23	
3	Літературно-патентний пошук	27.05.23-28.05.23	
4	Розрахунки параметричні, теплові та на міцність основної модернізації	29.05.23-30.05.23	
5	Розробка креслень базового та модернізованого вузла	31.05.23-01.06.23	
6	Розроблення розділу «Охорона праці»	02.06.23-03.06.23	
7	Створення розділу «Монтаж та експлуатація»	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	12.06.23-14.06.23	

Студент

(підпис)

Є.С. Цехмейстук
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Л.Н. Гур'єва
(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Реферат з ключовими словами (українська мова)	1
Реферат з ключовими словами (іноземна мова)	1
Перелік позначень	1
I Пояснювальна записка (ЛП91.157244.01-70ПЗ)	23
II Розрахунки (ЛП91.157244.02-70РР)	35
III Технологія машинобудування (ЛП91.157244.03-70ТЕ).....	17
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	2
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	2
ДОДАТКИ	9

					ЛП91.157244.00-70			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Агрегат для виробництва полімерної плівки з модернізацією екструдера	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Цехмейструк						108
Керівник		Гур'єва Л.Н..						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Сокольський О.Л.				КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91		

РЕФЕРАТ

Дипломний проект присвячений модернізації за темою «Агрегат для виробництва рукавної плівки з модернізацією екструдера », включає пояснювальну записку та графічну частину: 93 сторінки, 15 рисунків, 3 таблиці, 10 додатків, 16 літературних джерел, 6 складальних креслень, 1 плакат.

Об'єкт проектування - черв'ячний прес.

Метою роботи є підвищення продуктивності та зносостійкості черв'ячного пресу шляхом розрахунку та проектування його за технічним завданням.

В дипломному проекті детально розглянуто принцип роботи та конструкцію черв'ячного пресу, що використовується у виробничій лінії з виготовлення рукавної плівки. Проаналізовано технічні параметри та експлуатаційні характеристики, виконано параметричні та варіаційні розрахунки з використанням програмного забезпечення Ansys.

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ПРЕС, ЕКСТРУДЕР, АГРЕГАТ.

ABSTRACT

The diploma project is devoted to the «Development of a plant for the production of hose film with the modernization of the extruder», includes an explanatory note and a graphic part: 93 pages, 15 figures, 3 tables, 10 appendices, 16 references , 6 assembly drawings, 1 poster.

The object of design is a worm press.

The purpose of the work is to increase the productivity and wear resistance of the worm press by calculating and designing it according to the technical specifications.

The thesis project describes in detail the principle of operation and design of the worm press used in the production line for the manufacture of hose film. Technical parameters and performance characteristics are analyzed, parametric and variational calculations are performed using Ansys software.

Keywords: MODERNIZATION, CALCULATIONS, PRESS, EXTRUDER, UNIT.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

D – діаметр черв'яка, мм

l_p – загальна (робоча) довжина черв'яка, мм

l_3 – довжина зони завантаження черв'яка, мм

l_d – довжина зони дозування черв'яка, мм

l_{II} – довжина зони пластикації черв'яка, мм

t – крок нарізки витків, мм

e – ширина витка, мм

h_1 – глибина нарізки в зоні завантаження, мм

h_2 – глибина нарізки в зоні дозування, мм

δ – зазор між гребнем черв'яка і корпусом, мм

ρ – густина, кг/мм³

N – потужність, кВт

n – частота обертання черв'яка

P – тиск розплаву, МПа

η – ККД розплаву

Q – продуктивність, кг/год

E – модуль пружності, МПа

σ_T – границя

текучості, МПа_в –

Коефіцієнт Пуассона

Скорочення:

КПІ – Київський політехнічний інститут;

НТУУ – Національний технічний університет України;

ПЗ – пояснювальна записка;

ТЗ – технічне завдання.

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;

ЧП – черв'ячний прес

					<i>ЛП91.157244.00–70</i>	<i>Ар</i> к.
<i>Зм</i> н.	<i>Ар</i> к.	<i>№ докум.</i>	<i>Підп</i> <i>ис</i>	<i>Да</i> <i>та</i>		1

І РОЗДІЛ «ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «АГРЕГАТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ
ЕКСТРУДЕРА»

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛІНІЇ ЛРПУ-1500/63.....	4
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ.....	7
3. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЧП-63.....	9
4. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД З ВИБОРУ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	11
4.1 Літературно-патентний огляд.....	11
4.1.1 Літературні дослідження.....	11
4.1.2 Патентні дослідження	12
4.2 Обґрунтування вибору модернізації	17
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	20
5.1 Вентиляція.....	21
5.2 Шум та вібрація.....	22
5.3 Промислове освітлення.....	22
5.4 Електробезпека	23
5.5 Пожежна безпека.....	24
5.6 Висновки.....	25
ВИСНОВКИ	26

					ЛП91.157244.01-70ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Агрегат для виробництва полімерної плівки з модернізацією екструдера				
Розроб.	Цехмейструп								
Керівник	Гур'єва Л.Н.								
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.	Сокольський О.Л.								
					Літ.	Арк.	Аркушів		
						1	30		
					КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91				

ВСТУП

У зв'язку зі стрімким зростанням обсягів виробництва термопластичних синтетичних полімерних матеріалів в Україні, технології їх переробки у вироби різного призначення стають все більш досконалими. Екструзійні процеси є одними з найпоширеніших методів сучасної переробки полімерів. Відповідно, широко використовується екструзійне обладнання.

Метою даного дипломного проекту є розробка та вдосконалення корпусу екструдера, проведення параметричного, теплового та міцнісного аналізу його основних вузлів та деталей, що підтверджує функціональну спроможність конструкції. Проект також включатиме графічну частину, яка буде містити необхідні етапи проектування прес-форми: загальний вигляд лінії, що включає прес ЧП-63, загальний вигляд преса ЧП-63 та його основних вузлів. Крім того, розробка гвинтового преса ЧП-63 вимагає суміжних розробок, таких як машинобудування, автоматизація та охорона праці.

Знання специфіки виробництва плівки дозволяє досягти необхідної товщини і однорідності полотна, а також зберегти або навіть поліпшити фізико-механічні та експлуатаційні властивості вихідних полімерних матеріалів.

Процес виробництва рукавних полімерних плівок різного призначення складається з наступних етапів:

-Підготовка початкової сировини, включаючи сортування, подрібнення або плавлення.

-Створення однорідного розплаву у машині екструдера за допомогою потрібних температур і налаштувань.

-Формування заготовки рукава шляхом пропускання розплавленого матеріалу через кільцевий зазор між дорном та матрицею головки з метою отримання необхідних розмірів.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

-Роздування рукава, де з використанням відповідного тиску та формувальних елементів створюється бажана форма та розмір рукава.

-Охолодження рукава з одночасним позовжнім витягуванням для забезпечення стійкості форми та зниження температури до необхідного рівня.

-Складування рукава в плоску плівку та обрізання полотна на необхідну ширину. Намотування отриманого полотна на шпулі для зручного зберігання та використання.

Завдяки глибокому розумінню процесу виробництва плівок ми можемо досягти заданої товщини та ефективно зберігати і покращувати властивості вихідних полімерних матеріалів. У виробництві плівок можуть використовуватися різноманітні термопласти і навіть деякі термореактивні композиції, що відкриває широкий спектр можливостей для створення унікальних продуктів. Найпоширенішими матеріалами в цій галузі є поліетилен високого та низького тиску, які стали незамінними в цьому процесі завдяки своїм властивостям.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЛІНІЇ ЛРПУ-2 (1500/63)

Виробництво плівки відбувається на лінії ЛРПУ-2 (1500/63).

Впроваджується надзвичайно продуктивний процес з робочою швидкістю 130 кг/годину, який базується на використанні екструзії через спеціальну головку з подальшим роздуванням плівки "знизу-вгору".

У цьому процесі використовується високоякісний гранульований поліетилен високого тиску, що відповідає ГОСТ 16337-77. Цей матеріал має широкий діапазон температури плавлення від 120 до 140°C. Щоб досягти оптимальної в'язкості для успішного формування плівки, матеріал попередньо розігрівається на 10-20°C вище його температури плавлення. Такий підхід забезпечує нормальний процес отримання плівки з високою якістю та стабільними параметрами.

Лінія для промислового виробництва плівки має широкий спектр застосування, включаючи експериментальне відпрацювання технологічних процесів. Її споживачами можуть бути не тільки невеликі фірми і підприємства, що займаються виробництвом пакувальних матеріалів і поліграфією, а й великі підприємства з великими обсягами виробництва, які використовують плівку для пакування своєї основної продукції.

Унікальна конструкція цієї лінії дозволяє використовувати плівку, що виробляється, в контакт з харчовими продуктами. Наприклад, тонку стретч-плівку можна використовувати для пакування продуктів, а товстішу - для декорування виробничих приміщень. Таким чином, лінія забезпечує виробництво різних типів плівки, щоб задовольнити вимоги різних клієнтів і виробничі потреби.

З метою отримання продукції з покращеними експлуатаційними характеристиками, до матеріалу можуть бути додані різні хімічні елементи, такі як барвники та засоби, що запобігають старінню.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це дає можливість поліпшити якість і властивості продукту, що має тільки переваги. Додавання таких елементів дозволяє досягти бажаних результатів, таких як покращення кольору, підвищення стійкості до часу або покращення інших фізичних чи хімічних властивостей матеріалу.

Лінія (показана на рисунку 1) складається з наступних компонентів: вакуумний завантажувач 1, бункер 2, одночерев'яний екструдер ЧП63х30 3, шибєрний фільтр 4, обертова кільцева головка ГКВ-320 5, охолоджувальне кільце 6, стабілізуючий пристрій 7, складаючий пристрій 8, приймальний пристрій 9, естакада 10, пристрій обрізання і відведення кромки 11, верстат намотувальний СНП 2-1500 12, електрообладнання.

Лінія працює за такою послідовністю технологічних операцій: оператор подає сировину в бункер вакуумзавантажника, гранульований матеріал через завантажувальну воронку потрапляє в зазор між черв'яком і рифленою втулкою екструдера, а потім піддається подовжнім пазам рифленої втулки і інтенсивному водяному охолодженню зони завантаження, що дозволяє ущільнити гранули полімеру до щільності монолітного матеріалу.

Після цього полімерний матеріал піддається термічній та механічній обробці в зоні дозування, де розплавлений полімер ретельно перемішується за допомогою черв'ячного руху і електричних нагрівачів. Цей процес забезпечує отримання однорідної маси матеріалу, яка потім проходить через фільтр і виводиться з кільцевої головки у вигляді трубчастої заготовки. Одночасно з цим охолоджуюче повітря, що подається через охолоджувальне кільце, охолоджує зовнішню поверхню заготовки, що призводить до її розтягування і розповзання.

Сформований плівковий рукав за допомогою стабілізуючого пристрою фіксується вертикально за допомогою стабілізуючого пристрою, забезпечуючи, що його орієнтація уздовжня вісь проходить через центр кільцевого зазору головки.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після проходження через складаючий пристрій, рукав піддається стисненню та фіксується за допомогою валків тягнучого пристрою.

Далі, рукав направляється через систему відхиляючих роликів на естакаді та потрапляє на пристрій обрізання і відведення кромки. Після чого, рукав направляється на верстат намотувальний, де збирається у вигляді рукава або полотна в рулон.

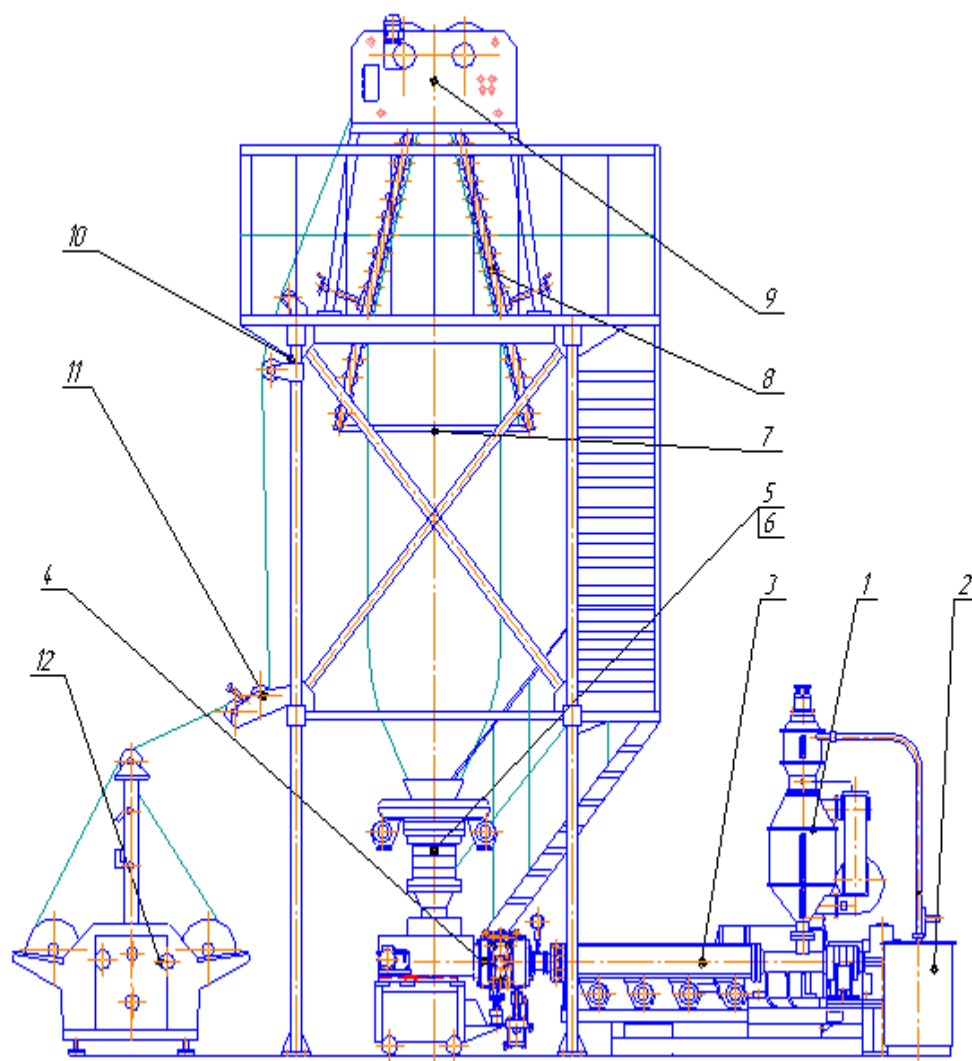


Рисунок 1-Лінія для виробництва поліетиленової плівки ЛРПУ-1500/63

					ЛП91.157446.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2.ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

Технічні характеристики базової лінії ЛРПУ-1500/63 наведені у табл. 2.1.

Табл. 2.1.

Найменування параметра	Значення
Максимальна продуктивність під час екструзії плівки з номінальною товщиною 1,5 мм та шириною рукава 1500 м становить не менше , кг/год.	100
Максимальна ширина плівки у розгорнутому вигляді обмежена значенням не більше ,мм.	2000
Граничні відхилення по ширині полотна визначають максимальні значення відхилень від заданої ширини плівки, мм	±5
Номінальна товщина плівки представляє задане значення, яке відповідає очікуваній товщині плівки після процесу екструзії,мм	0,3-1,5
Максимальна ширина рулону з плівкою вказує на максимально допустиму ширину рулону плівки після намотування,мм	1500
Зовнішній діаметр рулону з плівкою вказує на максимальний допустимий діаметр рулону плівки після намотування,мм,не більше	700
Лінійна швидкість прийому плівки вказує на швидкість, з якою плівка пересувається через пристрій приймання, м/с	0,45-0,5
Електрична потужність, яку витрачає електрообладнання, кВт, не більше	105
Максимальний обсяг води, який протікає через систему оборотного промислового водопостачання при тиску 0,4 - 0,6 МПа і температурі не вище 20 °С, вимірюваний у метрах кубічних на годину, не перевищує	1,0

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Максимальний обсяг стиснутого повітря, що протікає при тиску 0,4 - 0,6 МПа, вимірюваний у метрах кубічних на годину, не перевищує.	1,0
Габаритні параметри, мм, не більше	6500
Довжина	2300
Ширина	3400
Висота	
Електропостачання:	
1) Трифазна чотирьопровідна система з нейтраллю, заземленою	370
насичено, напруга, В, частота, Гц	55
2) Напруга живлення і сигналізації, В, і частота, Гц	220
	50
Маса, кг, не більше	2300

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3.ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ЕКСТРУДЕРА

Обладнання для переробки поліетилену методом екструзії в основному включає одно- і двочерв'ячні екструдери, також відомі як черв'ячні преси. Одночерв'ячні екструдери широко використовуються в промисловості, оскільки дозволяють екструдувати практично всі відомі полімери та їх композиції. Часто екструзійне обладнання використовується як складова частина установок для пластифікації матеріалів.

Черв'ячний екструдер використовується для створення однорідного розплаву полімеру і подачі його під тиском до формувальної головки. Основним робочим елементом екструдера є циліндр з обертовим черв'яком всередині. Матеріал, що переробляється, завантажується за допомогою завантажувального пристрою, конструкція якого залежить від стану і форми частинок матеріалу. Формувальний інструмент розташований на виході з циліндра і нагрівається нагрівачами.

Черв'як приводиться в рух електродвигуном через редуктор і муфту, яка закріплена в опорному вузлі. Процес переробки починається зі вхідного матеріалу, який надходить з завантажувального пристрою до черв'яка. Черв'як переміщує матеріал в осьовому напрямку через гвинтовий канал, який утворений внутрішньою поверхнею матеріального циліндра та розміщеними нарізками черв'яка.

Під час проходження матеріалу через екструдер відбувається його ущільнення, розплавлення, повітря видаляється, а розплав гомогенізується. Тиск, що розвивається, забезпечує продавлювання розплаву через формувальний інструмент.

В одночерв'ячному екструдері можна виділити наступні зони в напрямку потоку матеріалу: зона живлення (завантаження), зона плавлення (пластифікації) і зона дозування (видавлювання).

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зоні живлення екструдера матеріал, який буде перероблятися, приймається і переміщується у напрямку зони плавлення та ущільнення.

Прес черв'ячний представлений на рисунку 3.1

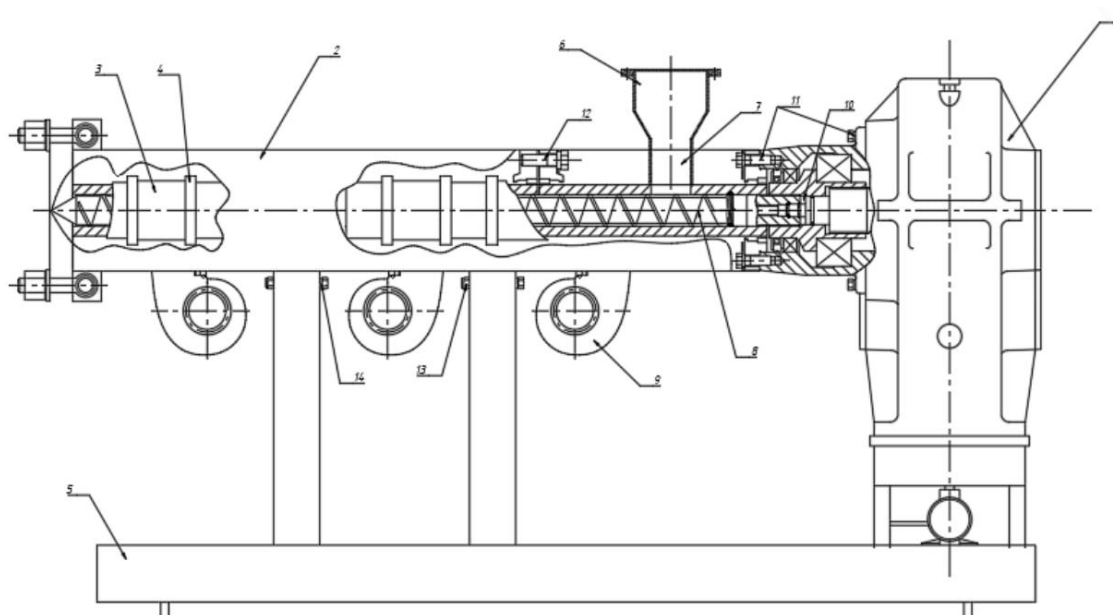


Рисунок 3.1-Екструдер

Опис цієї машини: Матеріал з бункера 3 направляється в циліндр 2, потім переходить до обертового черв'яка 1 і переноситься до формуючої головки 7. У зоні подачі черв'яка полімер стискається, розм'якшується та ущільнюється. Після цього, він розм'якшується. У зоні дозування матеріал стабілізується та стає однорідним, після чого його поступово подають до формуючої головки.

Для досягнення потрібного теплового режиму та оптимальних умов транспортування в циліндрі матеріалу є зона охолодження з регулюванням температури 4 та термопара 6. Конструкція черв'яка забезпечує внутрішнє охолодження водою, яка пропускається через пристрій та виливається 10. Обертання черв'яка здійснюється за допомогою електромеханічного приводу, який складається з двигуна 12 постійного або змінного струму, зчеплення 13 і редуктора 11. Всі робочі частини екструдера мають бути з'єднанні в корпусі 8 на рамі 5.

4.ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД З ВИБОРУ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Відомі шнекові екструдери мають деякі конструкції, які описані у джерелах [1-3]. Ці конструкції мають переваги, такі як простота та надійність у роботі, а також легкість обслуговування. Однак, вони також мають певні недоліки. Наприклад, вони можуть мати низьку якість переробленого матеріалу, обмежену продуктивність, високу енергоефективність та металоємність.

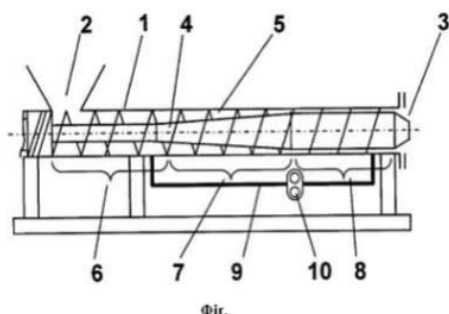
Корисна модель може бути зрозуміла за допомогою креслення, де на рисунку 4.1 показано приклад конструкції черв'ячного екструдера. В патенті [1] описується нова технологія переробки полімерних матеріалів, яка використовує машину з черв'ячим механізмом.

Корисна модель може бути пояснена за допомогою креслення, на якому зображено поздовжній розріз черв'ячного екструдера. Це дозволяє детально проаналізувати будову та складові частини екструдера, включаючи корпус, завантажувальний та розвантажувальні отвори, а також сам черв'як. Це креслення дає візуальне уявлення про будову екструдера та його функціональні особливості. Черв'ячний екструдер складається з корпусу 1, в якому розміщені завантажувальні отвори 2 і розвантажувальні отвори 3. Також у корпусі знаходиться черв'як 4, який може обертатися, нарізка якого з внутрішньою поверхнею корпусу утворює робочий канал 5 з послідовно розташованими зонами подавання 6, плавлення 7 і гомогенізації 8, при цьому зони подавання 6 і гомогенізації 8 сполучені між собою розплавопроводом 9, який споряджено шестеренним насосом 10 (Фіг.).

Екструдер працює наступним чином: Перероблюваний матеріал поступово надходить у завантажувальний отвір 2 корпусу 1, де його захоплює нарізка черв'яка 4 і переносить у напрямку до розвантажувального отвору 3. Однак, незалежно від конструкції корпусу 1, властивостей матеріалу та режиму екструзії, за допомогою шестеренкового насоса 10, частина розплаву із зони гомогенізації 8 переноситься до зони подачі 6 по розплавопроводу 9.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця частка розплаву, потрапляючи між гранулами твердого полімеру, сприяє їх інтенсивному плавленню, що пришвидшує процес перероблення вихідної сировини у високоякісну продукцію.



У патенті [2] об'єктом дослідження є екструдер. Цей екструдер забезпечує задовільну переробку вузької номенклатури матеріалів, оскільки він характеризується невеликою змішувально-диспергувальною здатністю.

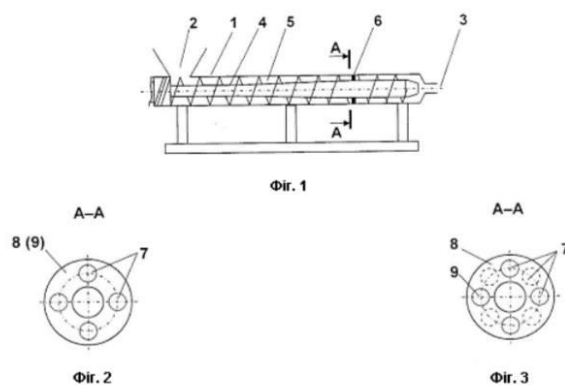
Суть корисної моделі ілюструється за допомогою креслень, які включають наступне:

Фігура 1: Показано поздовжній перетин черв'ячного екструдера.

Фігура 2: Розтин за А-А.

Фігура 3: Приклад зображення повного закриття отворів у кожній частині диска (відсутність проходу для перероблюваного матеріалу).

Черв'ячний екструдер складається з порожнистого корпусу 1, в якому розташовані завантажувальні 2 і розвантажувальні 3 отвори. Внутрішність корпусу утворює робочий канал 5, який може обертатися черв'яком 4. Також присутній запірний елемент 6, що використовується для перекриття робочого каналу 5. Запірний елемент 6 представляє собою кільцевий диск з отворами 7 для проходження перероблюваного матеріалу (Фіг. 1). Запірний елемент 6 складається з двох частин 8 і 9, які можуть обертатися одна відносно одної та фіксуватися в заданому положенні (Фіг. 2, 3). Запірний елемент 6 може бути закріплений нерухомо на корпусі 1 або на черв'яку 4.



Екструдер працює наступним чином: залежно від характеристик перероблюваного матеріалу, шляхом відносного обертання частини 8 і 9 запірний елемент 6, регулюється його потрібний прохідний переріз. Наступним кроком є подача перероблюваного матеріалу в завантажувальний отвір 2 порожнистого корпуса 1, де він затискається нарізкою черв'яка 4 і переноситься ним у напрямку до розвантажувального отвору 3.

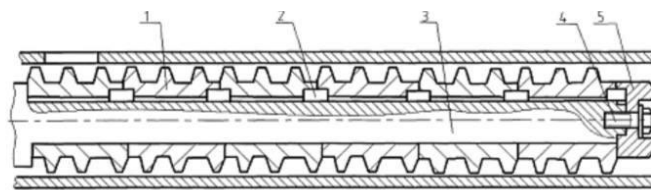
На ділянці, де розташований запірний елемент 6, відбувається інтенсивне перемішування перероблюваного матеріалу, а також диспергування його компонентів. Використання запропонованої корисної моделі суттєво підвищить ефективність переробки матеріалів різної номенклатури і розширить технологічні можливості екструдера.

В основу корисної моделі [3] поставлена задача підвищення довговічності та зносостійкості шнека екструдера.

Задача вирішується тим, що шнек складається з багатьох взаємозамінних секцій, з довжиною кратною кроку нарізки витків, в процесі експлуатації, порожнисті циліндри з нарізкою витків на їх зовнішній поверхні, які виготовлені замінними, закріплюються на валу за допомогою шпонок і гвинта з натискною шайбою. Ці циліндри змінюються місцями по мірі їх зношування, забезпечуючи продовження ефективної роботи екструдера.

На кресленні представлена запропонована конструкція шнека, в якому:

1 - секція шнека 2 - шпонка; 3 - вісь; 4 - гвинт; 5 - натискна шайба.



Фіг 1.

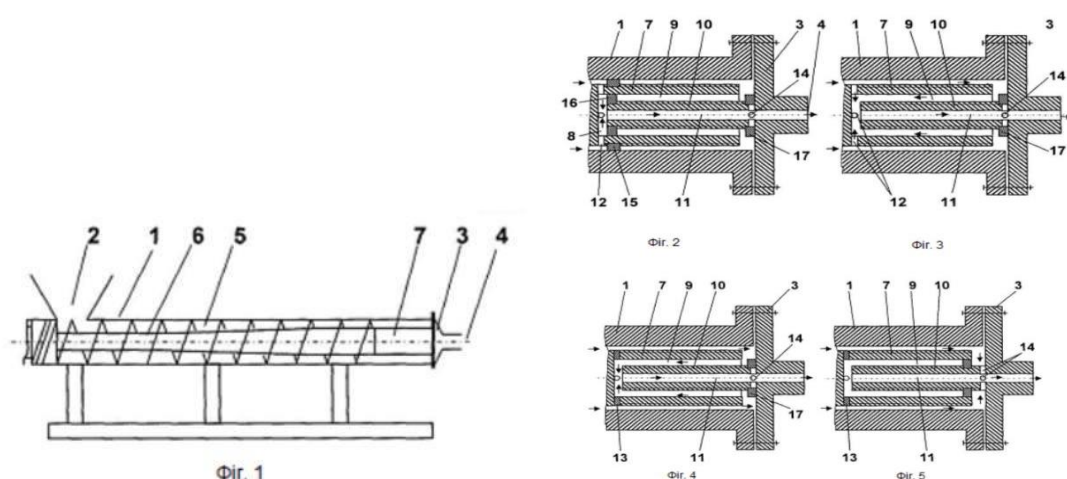
Одночерв'ячний екструдер[4] містить порожнистий корпус з завантажувальним отвором, фільтр з розвантажувальним отвором та робочий канал, в якому знаходиться черв'як з циліндричною насадкою біля фільтра. Особливістю цієї моделі є наявність глухого осьового отвору в циліндричній насадці, в якому розташований циліндричний виступ фільтра з осьовим наскрізним каналом. У черв'яку на початку циліндричної насадки є канали, що з'єднують робочий канал з глухим осьовим отвором, в яких можна встановити знімні заглушки. На початку циліндричного виступу фільтра є канали, що з'єднують кільцевий проміжок з осьовим наскрізним каналом фільтра. Біля зовнішніх поверхонь циліндричної насадки черв'яка та циліндричного виступу фільтра є нарізки, в які можна встановити знімні кільцеві заглушки.

Одночерв'ячний екструдер складається з порожністю корпусу 1, який має завантажувальний отвір 2, фільтр 3 з розвантажувальним отвором 4 і робочий канал 5, утворений черв'яком 6 з циліндричною насадкою 7, розташованою біля фільтра 3. Циліндрична насадка 7 має глухий осьовий отвір 8, в якому розташований циліндричний виступ 10 фільтра з осьовим наскрізним каналом 11. У черв'яка на початку циліндричної насадки є канали 12, які з'єднують робочий канал 5 з глухим осьовим отвором 8, де можуть бути встановлені знімні заглушки 13. На початку циліндричного виступу 10 фільтра 3 є канали 14, які з'єднують кільцевий проміжок 9 з осьовим наскрізним каналом 11 фільтра 3.

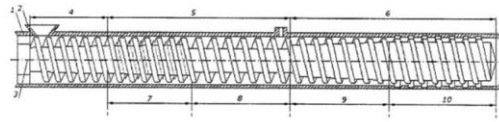
Для забезпечення унікальності, на зовнішніх поверхнях циліндричної насадки черв'яка 7 і циліндричного виступу 10 фільєра 3 були створені нарізки для встановлення знімних кільцевих заглушок. Використовуючи ці заглушки (позначені як 15-17 на Фіг. 2-5), можна залишити відкритими або закрити канали 12 і 14, що розташовані в циліндричній насадці черв'яка і циліндричному виступі фільєра відповідно. Крім того, існує можливість встановлення заглушок 13 для перекриття каналів 12 (див. Фіг. 2-5).

У роботі одночерв'ячного екструдера матеріал, що підлягає переробленню, подається через завантажувальний отвір 2 порожнистого корпусу 1. Він захоплюється нарізкою черв'яка 6 і транспортується ним у напрямку до розвантажувального отвору 4 фільєра 3. Залежно від властивостей перероблюваного матеріалу, канали 12 і 14 можуть бути залишені відкритими або перекритими за допомогою заглушок 15-17 або заглушки 13.

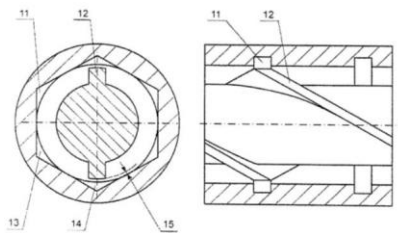
Пропонована корисна модель екструдера з циліндричною насадкою на черв'яку забезпечує інтенсивне перемішування перероблюваного матеріалу та диспергування його компонентів на ділянці розміщення. Це приводить до покращення ефективності перероблення матеріалів широкого спектру, а також розширює технологічні можливості екструдера.



У патенті [5] описується екструдер, який призначений для обробки різнорідних вторинних полімерних матеріалів. Цей екструдер включає корпус 1, затискний пристрій 2 та гвинтовий шнек 3, який виготовлений у вигляді збірної конструкції. Оболонка екструдера складається з трьох зон: зони завантаження 4, зони стиснення 5 та зони дозування 6.



Фиг.1



У зоні завантаження, шнек змінює свою форму на конічну секцію, тоді як у зоні стиснення шнек складається з двох секцій: бар'єрної секції та декомпресійної секції. У зоні дозування 6 шнек 3 має дві суцільні частини: секцію змішування 10 з конусом 9 та ступінчастий ексцентриковий кулачок. Секція змішування 10 містить п'ять ексцентрикових кулачків 11, які розташовані послідовно на шнеку відокремлених одна від одної на 120° вздовж осі кулачка.

Відстань між поверхнею кулачка і корпусом 12 регулюється в межах мінімального та максимального зазору. Мінімальний зазор (зазор 13) відповідає зазору між спіральним коником і корпусом, а максимальний зазор (зазор 14) відповідає загальній розміркованій величині зазору між глибиною каналу шнека 15, що дозволяє забезпечити ефективну циркуляцію полімерного розплаву і високу міцність зсуву.

Застосування заявленого екструдера дозволяє значно підвищити ефективність обробки вторинних полімерних матеріалів і розширити можливості використання екструдера для різних технологічних процесів, такі як наповнення, перемішування, гранулювання та пресування, з операціями отримання нових якісних продуктів за допомогою екструзії.

4.2 Вибір та обґрунтування модернізації екструдера.

Для модернізації було обрано патент [5]. В даному патенті за рахунок розширення внутрішнього простору збільшується кількість надходження формувального матеріалу за одиницю часу, і, як наслідок, збільшується кількість екструзії. Згідно з цим винаходом, кількість подачі формувального матеріалу в екструдер може бути збільшена без збільшення екструдера.

Модернізація екструдера відіграє важливу роль у розвитку термопластичної промисловості в Україні, забезпечуючи покращену продуктивність, якість та ефективність виробництва синтетичних полімерів і сприяючи розвитку інноваційних технологій у цій галузі.

Формувальний матеріал, що подається в бункері 14 (рис. 1), падає в комунікаційний отвір 16а опорного елемента 16 і перетікає у внутрішній простір циліндра 10 через отвір 22а для подачі матеріалу.

Формувальний матеріал, що потрапив всередину, рухається вниз за течією при обертанні гвинта 12. У цей час формувальний матеріал розплавляється за рахунок тепла від внутрішньої поверхні стінки циліндра 10 (тобто нагрівання нагрівачем 26) і теплоти зсуву, що утворюється при зсуві гвинтом 12. Як показано на фіг. розплавлений формувальний матеріал видавлюється з екструзійного отвору 20а.

Відповідно до вищеописаного варіанту, модернізований екструдер, що має приблизно такий самий розмір, як і звичайний екструдер, може досягти більшої продуктивності. І навпаки, представлений екструдер, який є меншим за звичайний екструдер, може досягати такої ж швидкості екструзії, як і звичайний екструдер.

Додатково, розширення внутрішнього простору екструдера забезпечує кращу терморегуляцію процесу. Це означає, що розплавлений полімерний матеріал може бути ефективно охолоджений, що сприяє отриманню виробів з більш однорідною структурою та кращими механічними властивостями.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

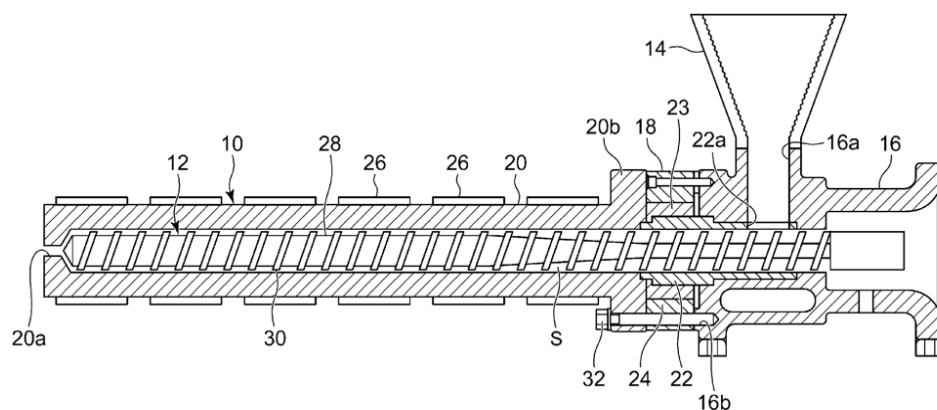


Рисунок 1– Модернізований черв'як екструдера: 10 – циліндр, 12 – шнек, 14 – бункер, 16 – опорний елемент, 16а – зона завантаження, 16b – гвинтовий отвір, 18 – циліндр, 20 – циліндр, 20а – екструзійний отвір, 20b – фланець, 22 – корпус, 22а – отвір, 23 – охолоджувальний елемент, 24 – кришка, 26 – нагрівачі, 28 – вал, 30 – гвинтова нарізка, 32 – болт, S – внутрішній простір.

Таким чином запропонована модернізація пропонує раціональний підхід до покращення продуктивності екструдера. За допомогою розширення внутрішнього простору екструдера, можливо збільшити кількість надходження формувального матеріалу за одиницю часу, що призводить до збільшення кількості екструзії.

Це означає, що продуктивність екструдера може бути підвищена без необхідності збільшення його розмірів та вартості виготовлення.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно з українським законодавством, працівникам потрібно забезпечити безпечні умови праці, як це передбачено законом про охорону праці з 1992 року. Вдосконалення умов праці та збільшення безпеки мають вплив на результати виробництва, продуктивність праці, якість і вартість випускаємої продукції.

Тема дипломного проекту - модернізація агрегата для виробництва полімерної плівки. У цьому розділі дипломного проекту проводимо аналіз умов праці робітника в виробничому приміщенні площею 40 м² та об'ємом 280 м³, де виготовляється поліетиленова плівка. Під час роботи на лінії, найбільш ймовірними робочими факторами є наступні:

- Якість повітря в робочій зоні.
- Рівень шуму та вібрації.
- Освітлення на робочому місці.
- Електробезпека.
- Пожежна безпека.
- Небезпека впливу рухливих та обертаючихся частин.

У виробничому приміщенні працює лише один робітник - оператор. Згідно Наказу № 1596, робота оператора відноситься до категорії - 1б легка фізична робота. Це означає, що робота оператора виконується в положенні сидячи або стоячи, або пов'язана з ходінням, і супроводжується незначним фізичним навантаженням з енерговитратами від 121 до 150 ккал/г (140-174 Вт).

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у
робочій зоні виробничого приміщення

Таблиця 5

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Опти- мальна *	Факти- чна	Опти- мальна*	Факти- чна	Опти- мальна*	Факти- чна
Холодн ий період року	1б	21-23	19-21	40-60	50-60	0,1	0,1
Теплий період року	1б	22-24	22-25	40-60	50-60	0,1	0,2

5.1 Вентиляція

За таблицею 5.1 можна зробити висновок, що фактичні параметри повітря в робочій зоні виробничого приміщення відповідають нормативам. В самому приміщенні передбачено опалення та кондиціювання повітря, а також постійно діюча система припливно-витяжної вентиляції, яка забезпечує вміст шкідливих речовин в допустимих концентраціях в зоні приміщення. В місцях можливого виділення парів компонентів поліетилену передбачені місцеві відсмоктувачі. Технологічна лінія роздування плівки повністю обладнана системами блокування, що забезпечують її безпечну і безаварійну роботу.

У робочій зоні забезпечено приток повітря, щоб запобігти випромінюванню нагрівачів опору, розташованих у трьох зонах нагріву. Це досягнуто шляхом екранування та ізоляції зон обігріву від навколишнього середовища за допомогою синтетичного матеріалу, наприклад, мінеральної вати. Для штучного освітлення використовуються ртутні дугові лампи ДРЛ-400 потужністю 400 Вт, які забезпечують світловий потік 19 000 лм. При цьому фактичний рівень освітленості становить 240 люкс, що відповідає нормам.

і двошарового металевого кожуха з повітряним проміжком. Зменшенню випромінювання також сприяє система охолодження, яка є складовою частиною системи термостабілізації відповідно до норм ДСН 3.3.6.042-99

5.2 Шум та вібрація

У приміщенні джерелом шуму є компресор з рівнем шуму 74 дБА та екструдер з рівнем шуму 70 дБА. Загальний рівень шуму в приміщенні становить L-80 дБА, що не перевищує допустимий рівень.

Для зменшення шуму використовуваної машини були прийняті наступні заходи:

- - віброгашення, що здійснюється шляхом установки машини на фундаменті;
- Використання захисних матеріалів. Вентилятори, що використовуються для охолодження, мають низьку потужність і розташовані на віддаленій від оператора позиції, тому вони не створюють шуму, який би впливав на працівника.

Робота обладнання на лінії виробництва плівки не викликає вібрації, що перевищують допустимі межі згідно з нормами ДСН 3.3.6.037-99, а рівень шуму під час роботи становить L-60 дБА.

5.3 Промислове освітлення

У приміщенні, де розташована лінія, застосовується змішане освітлення, що означає, що в періоди з недостатнім природним освітленням використовується штучне освітлення.

Зорова робота оператора, який обслуговує технологічну процедуру автоматизованої лінії, включає періодичне загальне спостереження за процесом виробництва.

Згідно з класифікацією зорової роботи, виробниче приміщення відноситься до IV розряду. Згідно з нормами IV розряду зорової роботи для загального освітлення, нормативне значення освітлення становить 150 лк.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа розжарювання НВ, яка відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018 і забезпечує освітленість на рівні 200 лк.

У цьому виробничому приміщенні зорові роботи відносяться до IV розряду. Згідно з нормами для IV розряду зорових робіт, в підрозділі (г) і для загального типу освітлення, нормативне значення освітленості становить 150 лк. Штучне освітлення забезпечується чотирма дуговими ртутними лампами ДРЛ-400 потужністю 400 Вт зі світловим потоком 19000 лм. Фактичне значення штучного освітлення становить 240 лк, що відповідає нормам. Таким чином, фактичний рівень освітленості (Еф) є вищим за нормативне значення освітленості (Ен).

Для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа розжарювання НВ, яка забезпечує освітленість на рівні 200 лк відповідно до ДБН В.2.5-28:2018.

Приміщення також має природне бокове освітлення через три вікна розміром 2,5 x 1,5 метри.

5.4 Електробезпека

Лінія спеціально розроблена для застосування у зонах, пов'язаних з пожежною безпекою. класу П-Па згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ).

Для живлення обладнання використовується трьох-фазна напруга 220 на 380В з частотою 50 Гц, де нейтральна точка ізольована.

Основні причини нещасних випадків, пов'язаних з впливом електричного струму, включають:

- Помилкове ввімкнення установки.
- Пробій на корпусі.
- Старіння ізоляції та втрата її ізоляційних властивостей.
- Доторкання до відкритих ділянок електроустаткування, через які проходить струм.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення безпеки від електронебезпеки, проект передбачає наступні заходи:

-Система автоматики включає запобіжну систему, що захищає від перевантаження та короткого замикання.

-У шафах електрообладнання встановлені кінцеві вимикачі, які відключають електричні кола живлення машини та припиняють подачу струму при відкритих дверцятах шафи (можлива робота в режимі наладки - "перемикач-робота-наладка").

-Комп'ютер контролює стан датчиків на працездатність, положення та послідовність роботи.

- Забезпечено захист від відхилень напруги на регулюючих блоках та виконавчих пристроях, що гарантує їхню надійну роботу та захищає від потенційних пошкоджень.

-За допомогою кнопок "стоп" (грибкового типу), розміщених на всіх доступних місцях обладнання по обидва боки лінії, здійснюється блокування небезпечної роботи лінії та повна її зупинка.

-Забезпечено захист та комп'ютерну перевірку пошкодження ізоляції на всіх механізмах та нагрівачах.

-Застосовується заземлення для забезпечення безпеки працівника при доторканні до корпусу електроустаткування, яке може бути під напругою, але знеструмлене.

-Щоб запобігти статичній електриці, в плівочний намотувальник вбудована станція зняття статичної електрики.

-Для захисту від іскрових розрядів статичного струму, здійснюється відведення зарядів від установки та комунікацій, де статичний струм

5.5 Пожежна безпека

Згідно зі стандартом ДСТУ Б В.1.1-36:2016, приміщення відноситься до категорії В. Лінія призначена для роботи в протипожежних зонах класу П-Па згідно з ПУЄ. Відповідно до СП 1.13130.2020 будівля має ступінь вогнестійкості II.

					ЛП91.11256.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

У лінії, можуть спостерігатися наступні основні чинники, що призводять до пожежі: порушення персоналом правил технології переробки полімерів, несправність електрообладнання, виникнення струму короткого замикання, перевантаження кабелів живлення, загоряння ізоляції електропроводів, невиконання персоналом правил технології переробки термопластів та неуважне ставлення до протипожежних безпекових правил на підприємстві.

У випадку виникнення пожежі в системі автоматики, пріоритетною дією є відключення електроживлення. Якщо вимкнення неможливе, Для пожежного гасіння електрообладнання рекомендується використовувати вогнегасники, які містять вуглекислоту, вуглекислоту з бромметилом, порошок або хладон. Рекомендується використовувати вуглекислотно-бромметилкові вогнегасники для гасіння пожеж через віконні та дверні отвори, оскільки їх заряд має токсичні властивості.

Для запобігання загорання виробничих приміщень використовуються вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (4 шт.), які призначені для гасіння невеликих ділянок при відключеному електрообладнанні. Крім того, У приміщенні встановлена система автоматичної пожежної сигналізації та комунікаційних засобів для забезпечення оперативного зв'язку з пожежною службою. Згідно з СНП 2.09.02-85, у приміщенні має бути два евакуаційних виходи.

Сам цех знаходиться на першому поверсі, а ширина шляхів евакуації повинна бути не менше одного метра, а двері на шляху евакуації - не менше 0,8 метра. Засоби пожежогасіння повинні бути справними та розташовуватися у доступних місцях. Аварійний запас протигазів та спецодягу повинен зберігатися відповідно до встановлених правил.

5.6 Висновок

Ефективне впровадження заходів з охорони праці є важливим компонентом системи забезпечення безпеки на робочому місці. Якщо ці заходи правильно застосовуються операторами та керівництвом, це може сприяти зменшенню ризику виникнення небезпек і травматизму серед працівників.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

ВИСНОВОК

Згідно з поставленим завданням, темою дипломного проекту є "Модернізація екструдера для виробництва рукавної плівки". Цей агрегат зазвичай використовується у підприємствах, що займаються виробництвом плівки. Для покращення роботи було обрано модернізацію корпусу екструдера з утворенням внутрішнього простору для більш ефективної екструзії.

Також в роботі розглянули важливість системи охорони праці та заходів, що запобігають негативним наслідкам на виробництві. Застосування цих заходів залежить від відповідальності операторів та керівництва. Вони можуть сприяти зниженню ризику травматизму серед працівників і покращенню робочих умов.

					ЛП91.157244.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

II РОЗДІЛ «РОЗРАХУНКИ»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «АГРЕГАТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ
ЕКСТРУДЕРА»

ЗМІСТ

Розрахунки.....	1
1 Параметричний розрахунок черв'ячної машини.....	1
1.1 Розрахунок геометрії черв'яка.....	1
1.2 Визначення коефіцієнта геометричної форми головки.....	2
1.3 Ефективність машини в зоні дозування, враховуючи вплив голівки.....	5
1.4 Визначення перепаду тиску в голівці.....	7
1.5 Розрахунок потужності приводу.....	10
2 Розрахунки на міцність.....	13
2.1 Розрахунок черв'яка на стиск.....	13
2.2 Розрахунок черв'яка на кручення.....	15
2.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість.....	16
2.4 Розрахунок черв'яка на витривалість.....	17
2.5 Розрахунок шліцьового з'єднання.....	18
2.6 Розрахунок міцності болтів.....	19
2.7 Розрахунок матеріального циліндра, напруг від дії тиску.....	21
3 Тепловий розрахунок черв'ячного прес.....	25
3.1 Енергетичний баланс.....	25
3.2 Аналіз енергетичного балансу та теплового розрахунку для черв'ячної машини розміром 63х30.....	26
4 Розрахунки за допомогою системи ANSYS.....	30
4.1 Розробка 3D модернізованого корпусу екструдера.....	30
4.2 Розрахунки модернізованої моделі в системі Ansys.....	31
Висновки.....	34

					ЛП91.157244.02-70PP			
	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера	Лит.	Лист	Листов
Розроб.	Цехмейстрок							
Пров.	Гур'єва Л.Н.							
Н. контр.								
Утв.	Сокольський					НТУУ "КПІ" ІХФ		

1 Розрахунки

1. Параметричний розрахунок черв'ячної машини

1.1 Розрахунок геометрії черв'яка

Черв'ячний прес є ключовим компонентом черв'ячної машини і виконує кілька функцій, включаючи транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної воронки до формуючої головки, пластикацію гранул, ретельне перемішування розплаву та створення необхідного тиску для видавлювання через головку.

Діаметр черв'яка є одним з основних параметрів, які визначають продуктивність черв'ячного пресу.

В даній лінії застосовується екструдер з черв'яком, чий діаметр становить 63 мм, а відношення довжини його робочої частини до діаметра дорівнює 30. Залежно від перероблюваного матеріалу, інші параметри черв'яка підбираються відповідно. У цьому конкретному випадку, коли матеріалом для переробки є поліетилен, базові параметри черв'яка обчислюються за допомогою наступних залежностей, які наведені нижче.

Крок гвинтової лінії черв'яка:

$$t = (0,8 \div 1,2) \cdot D = 1 \cdot 63 = 63 \text{ мм.}$$

Товщина гребеня черв'яка:

$$e = (0,08 \div 0,1) \cdot D = 0,095 \cdot 63 = 6 \text{ мм.}$$

Зазор між черв'яком і гільзою:

$$\delta = D \cdot (0,003 \div 0,002) = 0,0023 \cdot 63 = 0,15 \text{ мм.}$$

Розмір гвинтового каналу під завантажувальною воронкою:

$$h_1 = D \cdot (0,13 \div 0,15) = 0,128 \cdot 63 = 8 \text{ мм.}$$

де $i = 2,1$ – ступінь стиску поліетилену.

Довжина торпеди з мішалкою:

$$L_{\text{торп}} = D \cdot (0,8 \div 0,6) + 70 = 63 \cdot 0,7 = 115 \text{ мм.}$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина робочої частини черв'яка приймається:

$$L_{p06} = 30 D = 30 \cdot 63 = 1890 \text{ мм.}$$

Довжина зони завантаження приймається:

$$L_{зав} = D \cdot (1.5 \div 3) \cdot D = 2,5 \cdot 63 = 157,5 \text{ мм.}$$

Довжина зони дозування приймається:

$$L_{доз} = D \cdot (3 \div 6) = 5 \cdot 63 = 316 \text{ мм.}$$

Припускається, що довжина зони стиску:

$$L_{сж} = L_{p06} - L_{доз} - L_{зав} = 1890 - 316 - 157,5 = 1415,5 \text{ мм}$$

Довжина опори і евольвентного зачеплення приймається: $L_{ев} = 170 \text{ мм}$;

Довжина відбійної частини приймається:

$$L_{отб} = (0.1 \div 0.5) \times D = 0,3 \cdot 63 = 25 \text{ мм}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = L_{раб} + L_{эв} + L_{отб} + L_{торн} = 1890 + 170 + 25 + 115 = 2200 \text{ мм.}$$

1.2 Визначення коефіцієнта геометричної форми головки

Використання спрощеного аналітичного методу розрахунку коефіцієнта геометричної форми головки, за допомогою наведених формул, дозволяє визначити характеристики каналів простої форми з достатньою точністю для практичних розрахунків.

Весь шлях який проходить розплав через канал головки розбиваємо на декілька простих складових і проводимо розрахунок.

1. Круглий циліндричний канал:

$$K_y = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L},$$

Де d - представляє собою діаметр круглого циліндричного каналу, а L - відповідає його довжині

$$K_1 = \frac{3,14 \cdot 3,6^4}{128 \cdot 60} = 0,1 \text{ см}^3.$$

2. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m}$$

де R_1 - середній радіус отвору на вході;

R_0 — представляє середній радіус отвору на виході,

δ_1 — відповідає висоті щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину,

δ_2 — відповідає висоті щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини,

а L — представляє довжину конічного каналу з конічною щілиною.

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2}$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (0,7 - 9,5)^2}{(0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1)^2} \cdot \lg \frac{0,7 \cdot 1}{9,5 \cdot 1} - \frac{(0,7 - 9,5) \cdot (1 - 1)}{(0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 1} - \frac{1^2 - 1^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 1^2}$$

$$= -2,6 \frac{1}{\text{см}^2}$$

$$K_2 = \frac{3,14 \cdot (0,7 \cdot 1 - 9,5 \cdot 1)}{6 \cdot 16 \cdot (-2,6)} = 0,11 \text{см}^3.$$

3. Решітка:

$$K_p = \frac{z \cdot \pi \cdot d_p^4}{128 \cdot b},$$

де z — кількість отворів;

d_p - відповідає діаметру окремих отворів у решітці, см.

а b - представляє товщину решітки, також виражену в см.

$$K_3 = \frac{0,7^4 \cdot 3,14 \cdot 160}{(-2,7) \cdot 128} = 0,36 \text{см}^3.$$

4. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m},$$

Де R_1 - вказує на середній радіус отвору на вході,

R_0 - вказує на середній радіус отвору на виході,

δ_1 - вказує на висоту щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину,

δ_2 - вказує на висоту щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини,

L - представляє довжину конічного каналу з конічною щілиною.

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2},$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,4 - 9,8)^2}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1)^2} \cdot \lg \frac{0,4 \cdot 9,4}{1 \cdot 9,8} - \frac{(9,4 - 9,8) \cdot (1 - 0,4)}{(9,4 \cdot 0,4 - 9,8 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0,4} - \frac{1^2 - 0,4^2}{2 \cdot 1^2 \cdot 0,4^2} = -2,6 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

$$K_4 = \frac{3,14 \cdot (9,8 \cdot 1 - 9,4 \cdot 0,4)}{1 \cdot 6 \cdot (-2,6)} = 1,16 \text{см}^3.$$

5. Конічний кільцевий канал з конічною щілиною:

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m},$$

R1- представляє середній радіус отвору на вході,

R0- представляє середній радіус отвору на виході,

δ1 -представляє висоту щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину,

δ2 -представляє висоту щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини,

L- представляє довжину конічного каналу з конічною щілиною.

$$m = \frac{2,3(R_0 - R_1)^2}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)^2} \cdot \lg \frac{R_0 \cdot \delta_2}{R_1 \cdot \delta_1} - \frac{(R_0 - R_1) \cdot (\delta_1 - \delta_2)}{(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1) \cdot \delta_1 \cdot \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \cdot \delta_1^2 \cdot \delta_2^2},$$

$$m = \frac{2,3 \cdot (9,5 - 15,8)^2}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73)^2} \cdot \lg \frac{9,5 \cdot 0,2}{15,8 \cdot 0,73} - \frac{(9,5 - 15,8) \cdot (0,73 - 0,2)}{(9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73) \cdot 0,73 \cdot 0,2} - \frac{0,73^2 - 0,2^2}{2 \cdot 0,73^2 \cdot 0,2^2} = -14,72 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

$$K_4 = \frac{3,14 \cdot (9,5 \cdot 0,2 - 15,8 \cdot 0,73)}{6 \cdot 8 \cdot (-14,72)} = 0,43 \text{см}^3.$$

Загальний геометричний фактор форми для всієї головки можна розрахувати шляхом додавання опорів окремих секцій головки:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}},$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{1}{\frac{1}{0,043} + \frac{1}{1,17} + \frac{1}{0,35} + \frac{1}{0,11} + \frac{1}{0,07}} = 0,0198 \text{ см}^3.$$

1.3 Ефективність машини в зоні дозування, враховуючи вплив ГОЛОВКИ

Ефективність робочого процесу черв'ячної машини залежить не лише від геометричних параметрів черв'яка і процесів, але і профілюючими елементами. Об'ємна пропускна здатність черв'ячної машини через головку прямо пропорційна перепаду тиску ΔP і обернено пропорційна в'язкості робочої рідини μ .

$$Q = K \cdot \frac{\Delta P}{\mu}.$$

Також рівняння продуктивності можна представити таким чином:

$$Q = \frac{a \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n, \text{ см}^3$$

K - коефіцієнт пропорційності, який залежить від геометрії головки, також відомий як коефіцієнт геометричної форми головки; n - кількість обертів черв'яка за хвилину; a - константа прямого потоку для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу.

$$\alpha = \frac{\pi^3 \cdot (t - e \cdot \lambda) \cdot \sigma}{t^2 \cdot b + a},$$

β - коефіцієнт зворотного потоку для черв'яка з гвинтовим каналом, що має змінну глибину.

$$\beta = \frac{\pi \cdot t - (t - \lambda \cdot e)}{12 \cdot L_n \cdot (a + t^2 \cdot b)}$$

γ - постійна протитоку для черв'яка з перемінною глибиною гвинтового каналу:

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot e \cdot L_n \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}},$$

де σ - коефіцієнт залежний від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6,9 \cdot D}{2 \cdot (h_n - h_2)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_2} + \frac{D^2}{2 \cdot h_n \cdot h_2},$$

b- коефіцієнт, розрахований за формулою:

$$b = \frac{2,3}{(h_n - h_2) \cdot D^3} \cdot \lg \frac{h_n \cdot (D + d_2)}{h_2 \cdot (D + d_1)} + \frac{2 \cdot h_n \cdot h_2 + (h_n - h_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot h_n^2 \cdot h_2^2},$$

a-коефіцієнт, розрахований за формулою:

$$a = \frac{\pi^2}{h_2 \cdot h_n} \cdot \left(\frac{(h_n + h_2) \cdot D}{h_n \cdot h_2 \cdot 2} - 1 \right),$$

де h_1 - зміна глибини гвинтового каналу в зоні завантаження;

h_n - зміна глибини гвинтового каналу на початку зони дозування;

h_2 -зміни глибини гвинтового каналу на кінці черв'яка;

L_n -довжина зони дозування;

D -зовнішній діаметр черв'яка;

d_1 -діаметр сердечника в зоні дозування;

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка;

e - ширина гребеня витка черв'яка;

δ -зазор між черв'яком і гільзою.

За допомогою заданих значень величин в рівняннях, ми можемо провести обчислення і визначити продуктивність черв'ячної машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки.:

$$a = \frac{3,14^2}{0,53 \cdot 0,35} \cdot \left(\frac{6,3 \cdot (0,35 + 0,53)}{2 \cdot 0,53 \cdot 0,35} - 1 \right) = 646 \frac{1}{\text{см}^2}.$$

$$b = \frac{2,3}{(0,35 - 0,53) \cdot 6,3^3} \cdot \lg \frac{0,53 \cdot (6,3 + 5,6)}{0,35 \cdot (6,3 + 5,3)} + \frac{2 \cdot 0,35 \cdot 0,53 + (0,35 + 0,53) \cdot 6,3}{2 \cdot 6,3^2 \cdot 0,35^2 \cdot 0,53^2} = 2,45 \frac{1}{\text{см}^4}.$$

$$\sigma = 1 - \frac{6,3 \cdot 6,9}{(0,35 - 0,53) \cdot 2} \cdot \lg \frac{0,35}{0,53} + \frac{6,3^2}{0,35 \cdot 0,53 \cdot 2} = 95,3.$$

$$\alpha = \frac{3,14^3 \cdot (6,5 - 2 \cdot 0,5) \cdot 96,3}{646 + 6,5^2 \cdot 2,46} = 22,6 \text{ см}^2.$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

$$\beta = \frac{3,14 \cdot 6,5 - (6,5 - 2 \cdot 0,5)}{12 \cdot 76 \cdot (646 + 6,5^2 \cdot 2,46)} = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3.$$

$$\gamma = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 0,015^3 \cdot 6,5^2}{10 \cdot 0,5 \cdot 76 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 6,3^2 + 6,5^2}} = 0,357 \cdot 10^{-6} \text{ см}^3.$$

$$Q = \frac{22,6 \cdot 0,0199 \cdot 150}{0,0199 + 0,15 \cdot 10^{-3} + 0,357 \cdot 10^{-6}} = 3435,5 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}} = 160,78 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

1.4 Визначення перепаду тиску в головці

За відомими значеннями продуктивності і коефіцієнта геометричної форми головки, перепад тиску в головці визначається за допомогою формули:

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu_e}{K}$$

де Q- значення продуктивності в черв'ячній машині,

K - коефіцієнт геометричної форми головки,

μ_e - ефективна в'язкість (визначається з графічної залежності).

Перепад тиску в головці формується через втрати тиску на окремих ділянках. При визначенні коефіцієнта геометричної форми головки були враховані окремі ділянки, які переважно вносять опір у процесі проходження розплаву через головку. Сума цих окремих втрат тиску складає сумарна різниця тиску.

1. Швидкість зсуву у циліндричному круглому каналі можна обчислити за допомогою формули:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3},$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини;

d-діаметр циліндричного круглого каналу.

$$S_1 = \frac{32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot 3,6^3} = 12,5 \text{ с}^{-1}.$$

Використовуючи графік, можна визначити значення ефективної в'язкості поліетилена при температурі розплаву 190°C та швидкості зсуву 12,5 с⁻¹.

$$\mu_{\eta 1} = 16 \cdot 10^3 \text{ П}$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перепад тиску в циліндричному круглому каналі розраховується:

$$\Delta P_1 = \frac{57,26 \cdot 16 \cdot 10^3}{0,07} = 13,1 \text{ МПа}$$

2. Для конічного каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{2,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2}$$

де R_1 - значення середнього радіусу кола на виході;

R_0 - значення середнього радіусу кола на вході;

δ_1 - значення висоти щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 - значення висоти щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_2 = \frac{57,26 \cdot 2,32}{3,14 \cdot (9,5 + 0,7) \cdot (1 + 1)^2} = 1,03 \text{ с}^{-1}.$$

Використовуючи графік, ми можемо визначити значення ефективної в'язкості поліетилену при заданій температурі розплаву (190°C) та швидкості зрушення $1,04 \text{ с}^{-1}$:

$$\mu_{e3} = 25 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Перепад тиску в конічному каналі:

$$\Delta P_2 = \frac{57,26 \cdot 25 \cdot 10^3}{0,11} = 13,0 \text{ МПа}.$$

3. Швидкість зрушення в решітці можна обчислити за допомогою формули:

$$S = 8 \cdot Q \cdot D,$$

де D -діаметр отвору решітки.

$$S_3 = 8 \cdot 57,26 \cdot 0,7 = 320 \text{ с}^{-1}.$$

За допомогою графіка визначаємо значення ефективної в'язкості поліетилену при температурі розплаву 190°C та швидкості зрушення 320 с^{-1} :

$$\mu_{e3} = 2,8 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Перепад тиску в решітці:

$$\Delta P_3 = \frac{57,26 \cdot 2,8}{0,35} = 0,46 \text{ МПа}.$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Швидкість зрушення в кінцевому кільцевому каналі з кінцевою щільною визначається за допомогою формули:

$$S = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2},$$

де R_1 -середній радіус кола на виході з кільцевої щілини;

R_0 -середній радіус кола на вході в кільцеву щілину;

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_4 = \frac{22,32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot (9,4 + 9,8) \cdot (1 + 0,4)^2} = 10,82 \text{ c}^{-1}.$$

За допомогою графіка можна визначити значення ефективної в'язкості поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву $10,82 \text{ c}^{-1}$:

$$\mu_{e5} = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в кінцевому каналі:

$$\Delta P_4 = \frac{57,26 \cdot 18 \cdot 10^3}{1,17} = 0,88 \text{ МПа}.$$

5. Швидкість зсуву в кінцевому кільцевому каналі з кінцевою щільною обчислюється за допомогою формули:

$$S = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2},$$

де R_1 -середній радіус кола на виході з кінцевої щілини;

R_0 -середній радіус кола на вході в кінцеву щілину;

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину;

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_5 = \frac{22,32 \cdot 57,26}{3,14 \cdot (9,5 + 15,8) \cdot (0,73 + 0,2)^2} = 18,6 \text{ c}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву $18,6 \text{ с}^{-1}$:

$$\mu_{e5} = 20 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в конічному каналі:

$$\Delta P_5 \frac{20 \cdot 57,26 \cdot 10^3}{0,043} = 9,5 \text{ МПа}.$$

Сумарний тиск у головці:

$$\sum \Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5,$$

$$\sum \Delta P = 13,1 + 13,0 + 0,46 + 0,88 + 9,6 = 37,04 \text{ МПа}.$$

1.5 Розрахунок потужності приводу

Потужність, що використовується черв'ячною машиною для обробки пластичних матеріалів, розходується на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на розрізання матеріалу, який знаходиться у проміжку між гребенем та внутрішньою стінкою циліндра або гільзи.

Потужність, що виробляється черв'ячною машиною:

$$N = N_1 + N_2,$$

де N_1 -потужність, що витрачається на проштовхування маси по гвинтовому каналу черв'яка:

$$N_1 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot (t-e) \cdot j \cdot L \cdot \mu_{ef} \cdot n^2}{36 \cdot t} + \frac{10^{-3} \cdot a_2 \cdot \Delta P \cdot n}{6};$$

N_2 -потужність, що витрачається на подолання тертя матеріалу у зазорі між вершиною витка і стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot D \cdot e \cdot L \cdot \mu_{ef} \cdot n}{36 \cdot \delta \cdot t};$$

J -коефіцієнт, обчислений за формулою:

$$j = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D + d_2) - (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2,3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t^2 + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_n - h_2)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_2};$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- крок гвинтової нарізки черв'яка;

Δp -перепад тиску в головці;

D - зовнішній діаметр черв'яка;

L -довжина зони дозування;

d_1 -діаметр черв'яка в зоні дозування;

d_2 -діаметр сердечника на кінці черв'яка;

a_2 -постійна прямого потоку;

δ -радіальний зазор.

h_n -глибина нарізки на початку зони дозування;

h_k -глибина нарізки на кінці черв'яка;

e -ширина гребеня витка черв'яка;

$$j = \frac{3,14^2 \cdot 0,065^2 - 4 \cdot 0,063^2}{3,14^2} + \frac{(0,063 + 0,056)^3 - (0,053 + 0,063)^3}{3 \cdot (0,053 - 0,056)} + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 0,063^5}{(0,065^2 + 3,14^2 \cdot 0,063^2) \cdot (0,35 \cdot 10^{-3} - 0,53 \cdot 10^{-3})} \times \lg \frac{0,35 \cdot 10^{-3}}{0,53 \cdot 10^{-3}} = 5,92 \text{ м}^2.$$

За допомогою формули можна визначити швидкість зсуву в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3,14 \cdot 6,3^2 \cdot 180}{60 \cdot 0,014 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 6,3^2 + 6,5^2}} = 3131 \text{ с}^{-1}.$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C^0 і швидкості зсуву 2095 с^{-1} :

$$\mu_{ef} = 0,75 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{сек} / \text{см}^2.$$

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot 6,3^3 \cdot 76 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{36 \cdot 6,5 \cdot 0,0015} = 705,3 \text{ Вт} = 0,705 \text{ кВт}.$$

Залежність ефективної динамічної в'язкості можна визначити графічно при температурі розплаву 190°C та швидкості зсуву розплаву, яка обчислюється за наступною формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp}) \cdot n}{60 \cdot h_{cp} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2h_{cp})^2 - t^2}},$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{ch} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{0,53 + 0,35}{2} = 0,44 \text{ см.}$$

$$S = \frac{3,14^2 \cdot (6,3 - 0,44) \cdot (6,3 - 2 \cdot 0,44) \cdot 150}{60 \cdot 0,44 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot (6,3 - 2 \cdot 0,44)^2 + 6,5^2}} = 97,2 \text{ с}^{-1}.$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву $97,2 \text{ с}^{-1}$, $\mu_{ef} = 0,63 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$

$$N_1 = \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot (6,5 - 0,5) \cdot 592 \cdot 76 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 150^2}{0,063 \cdot 36} + \frac{10^{-3} \cdot 22,6 \cdot 150 \cdot 370}{6} = 68220,3 \text{ Вт} = 68,23 \text{ кВт.}$$

Загальна потужність буде дорівнює:

$$N = N_1 + N_2 = 0,706 + 68,22 = 68,98 \text{ кВт}$$

Враховуючи ККД приводу, споживана потужність, обчислюється наступним чином:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{68,98}{0,88} = 78,35 \text{ кВт.}$$

Вибираємо двигун 2ПФ-250LY4 потужністю 80 кВт.

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Розрахунки на міцність

2.1 Розрахунок черв'яка на стиск

Метою розрахунку на міцність є визначення працездатності черв'яка, з урахуванням наступних силових факторів:

- Вертикальні зусилля, діючі вздовж осі черв'яка (осьове зусилля P_{oc}).
- Рівномірно розподілене навантаження від власної ваги (q).
- Обертальний момент ($M_{об}$).

На малюнку 4.1 показана схема навантаження черв'яка та енергії напружень.

Здійснюється розрахунок крутного моменту за формулою:

$$\dot{I}_{\text{ед}} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 80}{150} = 5,09 \cdot 10^3 \text{ І} \cdot \dot{\text{і}} .$$

де $N=80$ –потужність, споживана черв'яком, кВт;

$n=150$ - швидкість обертання черв'ячної машини, об/хв.

Зусилля, що діють вздовж осі черв'яка:

$$P_{oc} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 5,09 \cdot 10^3}{0,063} = 53,1 \text{ кН}.$$

де $D=0,063$ – діаметр черв'яка на зовнішній поверхні,м;

$\phi = 18,19^\circ$ - кут між поверхнею нарізки і площиною перпендикулярною до осі черв'яка .

Розподілене навантаження, що виникає від власної ваги черв'яка:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 43,4}{1,9} = 235,6 \text{ Н/м}.$$

де G - маса черв'яка, кг;

$l_p=1,9$ - довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot 0,063^2 \cdot 7710 \cdot 1,890}{4} = 45,4 \text{ кг}.$$

$$M \frac{1^2}{2_p} \frac{1^2}{2} \text{ max}$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,047^3 (1 - 0,29^4)}{32} = 1,01 \cdot 10^{-5}$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

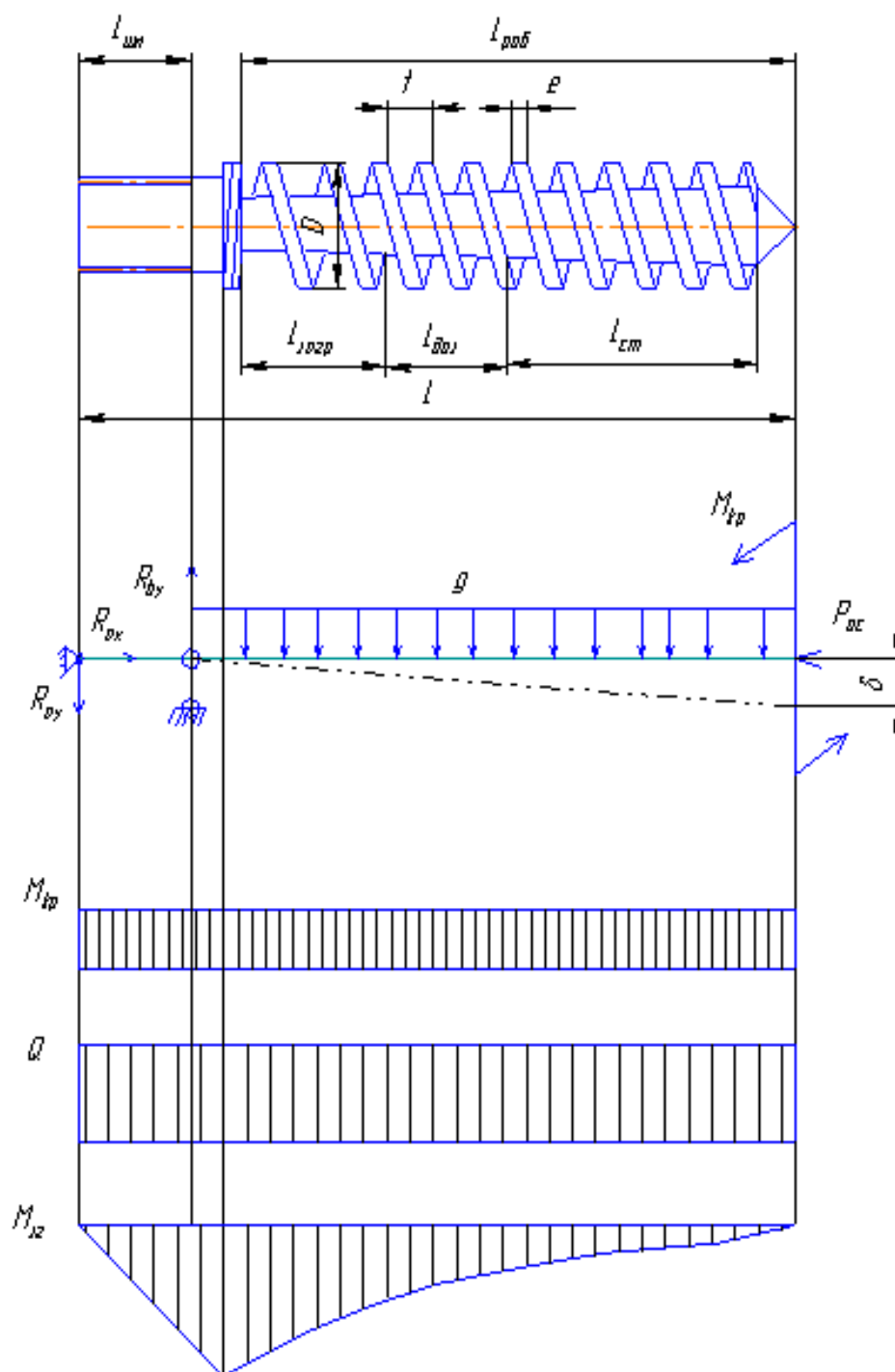


Рисунок. 2 Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Напруження, що виникає в результаті стиску :

$$\sigma_{cm} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{53,1 \cdot 10^3}{1,21 \cdot 10^{-3}} + \frac{420,8}{1,01 \cdot 10^{-5}} = 84,7 \text{ МПа}$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

де F - критична площа поперечного перерізу (під завантажувальним бункером на початку різання, де виникають найбільші навантаження і найменша площа, за винятком площі поперечного перерізу витків) :

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,047^2}{4} (1 - 0,29^2) = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0,015}{0,047} = 0,29.$$

d_0 -діаметр серцевини в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{5,08 \cdot 10^3}{2,01 \cdot 10^{-5}} = 253 \text{ МПа}.$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,047^3 \cdot (1 - 0,29^4)}{16} = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Напруження, еквівалентне згідно з третьою теорією міцності:

$$\sigma_{cm} = \sqrt{\sigma_{cm}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{85,8^2 + 4 \cdot 253^2} = 521 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{екв}} \geq [n]$$

Матеріалом для черв'яка є сталь 38Х2МЮА з характеристикою міцності $\sigma_t=880$ МПа.

Звичайно використовується допустимий коефіцієнт запасу в діапазоні 1,7...2.

$$n = \frac{880}{521} = 1,76 \in [1,7; 2]$$

Умова міцності задовольняється.

2.2 Розрахунок черв'яка на кручення

Аналізуємо найменш міцний переріз на кручіння:

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\tau} = \frac{\tau_1}{\tau_p \left(\frac{k_{\tau}}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} + \zeta_{\tau} \right)} = \frac{253 \cdot 10^6}{32,4 \cdot 10^6 \cdot \left(\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,59} + 0,05 \right)} = 2,15$$

де $\tau_1 = 253 \cdot 10^6$ – границя витривалості при крученні для сталі 38Х2МЮА, Па;

$\beta = 0,9$ – коефіцієнт стану поверхні;

$K_{\tau} = 1,9$ – ефективний коефіцієнт концентрації напруги ;

$\varepsilon_{\tau} = 0,59$ – коефіцієнт, що враховує ефект змінної складової напруження;

$\zeta = 0,05$ – коефіцієнт, що враховує ефект сталої складової напруження.

Розрахункове зусилля кручення

$$\tau_p = \frac{M_{kp}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{5,08 \cdot 10^3}{2 \cdot 7,8 \cdot 10^{-5}} = 32,2 \text{ МПа.}$$

де W_{ro} – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з врахуванням жорсткості витків

$$W_{ro} = 2 \cdot \frac{I}{R} = 2 \cdot \frac{9,278 \cdot 10^{-7}}{0,0234} = 7,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

$I = 9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції поперечного перетину черв'яка;

$R = 0,0234$ – радіус сердцевини черв'яка.

Підставляючи всі значення в формулу, отримуємо запас міцності 2,15, що цілком задовольняє умови.

2.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Враховуючи вихідні дані, основною вимогою є забезпечення достатньої жорсткості черв'яка, щоб максимальний прогин не перевищував конструкційний зазор, δk_{vmax} .

Вихідні дані : Матеріал шнека сталь 38Х2МЮА , діаметр шнека $d = 63 \text{ мм}$, зазор між корпусом і черв'яком $\delta = 0,15 \text{ мм}$, Е-модуль пружності , $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $I = 9,278 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перерізу шнека; $P_{oc} = 53,1 \text{ кН}$.

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальний прогин дорівнює :

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

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{53100}{2 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}}} = 0,53;$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right]}{k^* \cos(k l_p)} = \frac{2,35 \cdot \left[1,89 - \frac{1}{0,53} \sin(1,89 \cdot 0,53) \right]}{0,53 \cdot \cos(0,53 \cdot 1,89)} = 8,24;$$

Максимальний прогин :

$$\delta = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 9,278 \cdot 10^{-7}} \left[\frac{2,35}{0,53^2} \left(\frac{1}{0,53^2} + \frac{1,89}{2} \right) - \frac{1}{0,53} \left(\frac{1,89}{0,53^2} + 8,24 \cdot 1,89 \right) \cdot \cos(0,53 \cdot 1,89) - \frac{1}{0,53^2} \left(\frac{2,35 \cdot 1,89}{0,53} - 8,24 \right) \cdot \sin(0,53 \cdot 1,89) \right]_{max}$$

прогин в межах допустимого .

2.4 Розрахунок черв'яка на витривалість

Оскільки черв'як піддається згинальному моменту від циклічної дії власної ваги, необхідно перевірити його витривалість [5]. Для цього розраховується коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma}) d \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_c} = \frac{0,4 \cdot 880}{4,643 \cdot 41,66 + 0,25 \cdot 0} = 1,82$$

де $\sigma_{-1} = 0,4 \cdot \sigma_B$ - Напруження, яке є допустимим під час циклічного навантаження. ($\sigma_B = 1200 \dots 1400$ МПа);

σ_a - Значення амплітуди зміни напружень, в даному випадку їх величини коливаються від $+\sigma_{max}$ до $-\sigma_{max}$ $+41,66 \leq \sigma_a \leq -41,66$ де σ_{max} - найбільші напруження від дії згинального моменту

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{420,9}{1,01 \cdot 10^{-5}} = 41,67 \text{ МПа.}$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_s = 0$ значення середнього напруження в циклі, оскільки цикл є симетричним- $\psi_\sigma = 0,25$; $(k_\sigma)_d$ - коефіцієнт, що враховує ефективну концентрацію напружень і можна обчислити за допомогою формули

$$(k_\sigma)_d = \frac{k_\delta}{(\beta \cdot \varepsilon)} = \frac{1,96}{1 \cdot 0,42} = 4,643$$

де $k_\delta = 1,9..2$ - коефіцієнт, що враховує концентрацію напружень; β - коефіцієнт, що враховує якість поверхні деталі (для полірованої поверхні черв'яка, де поверхня має гладку і бездоганну структуру $\beta = 1$), $\varepsilon = 0,42$ - коефіцієнт, що залежить від розміру перерізу деталі і обирається з таблиці в залежності від діаметра.

Всі умови розрахунку черв'яка на витривалість виконуються успішно .

2.5 Розрахунок шліцьового з'єднання

Вузол упорного підшипника має шліцьове евольвентне з'єднання з черв'яком та валом 60×1,5×9 ГОСТУ 6033-80.

При розрахунку шліцьового з'єднання враховується зм'яття втулки, яке виникає внаслідок її контакту з бічними поверхнями зубців.

$$\sigma_{зм} = \frac{M_{кр}}{\psi \cdot z \cdot h \cdot l \cdot r_{cp}} \leq [\sigma]_{см},$$

де $M_{кр} = 5,09$ кН·м – крутний момент, який діє на валу черв'яка, $[\sigma]_{зм} = 60$ МПа - Допустима напруга зім'ягання, яка приймається до уваги при розрахунку бічних поверхонь шліцевих з'єднань.

$\psi = 0,75$ - Коефіцієнт, який враховує нерівномірний розподіл навантаження між зубцями.,

$Z = 28$ - кількість зубців,

$L = 8,5$ см - Довжина відрізка вздовж осі валу, на якому відбувається робота.;

h - Висота контакту робочих зубців в напрямку, перпендикулярному до осі валу ;

r_{cp} - Відстань від осі обертання валу до середини висоти зубця, яку також можна назвати середнім радіусом

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{cp} = \frac{D_b + D_a}{4}, \quad h = \frac{D_e - D_a}{2}$$

де $D_b = 6,0$ см - зовнішній (максимальний) діаметр,
 D_a - внутрішній діаметр (кола виступів для отворів);
 $m = 0,3$ см – модуль.

При вирівнюванні за допомогою бічних поверхонь зубців:

$$D_a = D - 2 \cdot m = 6,3 - 2 \cdot 0,3 = 5,7 \text{ см},$$

$$r_{cp} = \frac{6,3 + 5,7}{4} = 3 \text{ см}, \quad h = \frac{6,3 - 5,7}{2} = 0,3 \text{ см}$$

$$\sigma_{cm} = \frac{5090}{0,75 \cdot 28 \cdot 0,3 \cdot 20 \cdot 3} = 13,5 \text{ МПа}..$$

$$\sigma_{cm} < [\sigma]_{cm}$$

2.6 Розрахунок міцності болтів

Проведемо розрахунок міцності болтів, які використовуються для з'єднання корпусу преса з фільтром. У даному випадку використовуються відкидні болти М16 у кількості 6 штук. Матеріал болтів - Сталь 30ХГСА згідно стандарту ГОСТ 4543-71, яка пройшла термообробку з твердістю 28-32 HRC. З'єднання здійснюється з використанням попереднього затягування.

Для визначення міцності розрахункового з'єднання урахуємо дію центральної відриваючої сили та зусилля затягування, зважаючи на пружні властивості матеріалу болтів та з'єднань деталей.

З дотриманням умов, що забезпечують незмінність щільності стику.:

$$P_{зат} = K \cdot (1 - \lambda) \cdot P,$$

де: K - коефіцієнт затягування при сталому зовнішньому навантаженні:
 $K = 1.3 \dots 1.5$, приймаємо: $K = 1.4$.

λ -

коефіцієнт основного навантаження для безпрокладкових з'єднань зі сталевих деталей: $\lambda = 0,2 \dots 0,3$, приймаємо: $\lambda = 0,3$.

$P = 53,1$ кН - зусилля, яке діє вздовж осі циліндра,

$$P_{зат} = 1,4 \cdot (1 - 0,3) \cdot 53,1 \cdot 10^3 = 52039 \text{ Н}.$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове навантаження з урахуванням крутячого моменту
затягування:

$$P_p = 1.3 \cdot P_{зам} + \lambda \cdot p = 1,3 \cdot 52039 + 0,2 \cdot 53,1 \cdot 10^3 = 83582,4Н.$$

Навантаження розподіляється на кожен окремий болт

$$P_z = \frac{P_p}{Z} = \frac{83582,4}{6} = 13931Н.$$

де $Z=6$ - число болтів.

Напруга розтягування, що виникає в болтах:

$$\sigma_p = \frac{P_z}{F} \leq [\sigma],$$

де F - площа поперечного перерізу болта М16,

$d_{BH}= 1,384\text{см}$ - внутрішній діаметр різьби М1

$$F = 0.785 \cdot d_B^2 = 0.785 \times 1,384^2 = 1,5 \text{ см}^2.$$

$$\sigma_p = \frac{13929,9}{1,5 \cdot 10^{-4}} = 92,9 \text{ МПа} \leq [\sigma].$$

Визначимо допустиму напругу для болтів зі сталі 30ХГСА

$\sigma_t=280\text{МПа}$ Межа текучості для цієї сталі, при перетині до 60 мм,

становить 280 МПа, а межа міцності $\sigma_B=350\text{МПа}$

$$\text{Згідно ГОСТ 12816-80 при } \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{280}{350} = 0,8 \quad [\sigma] = \frac{\sigma_T}{1,5}$$

де $[\sigma]_{\text{доп}}$ - Визначимо допустиму напругу розтягування для болтів.

$$[\sigma]_{\text{доп}} = \frac{280}{1,5} = 186,7 \text{ МПа.}, \quad \sigma_p < [\sigma]$$

Проведемо розрахунок осі, навколо якої обертається відкидний
болт, для зрізу. Розрахуємо напругу в зрізі.:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{ch}$$

де $P=139231 \text{ Н}$ - розрахункове навантаження,

F - площа перетину осі болта,

d - діаметр осі болта,

$$F = 0.786 \times d = 0.786 \times 1^2 = 0,786 \text{ см}^2,$$

$$\tau_{cp} = \frac{139231}{0,785 \cdot 10^{-4}} = 177,9 \text{ МПа} \leq [\tau]_{cp}$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ось виготовлена зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71 з твердістю 28...32 HRC.

$[\tau]_{cp}=195$ МПа - напруга, що допускається, на зріз для матеріалу осі:

$$\tau_{cp} < [\tau]_{cp}$$

2.7 Розрахунок матеріального циліндра, напруг від дії тиску

Маємо наступні вихідні дані: радіус внутрішнього корпусу $R_b = 31,5$ мм, радіус зовнішнього корпусу $R_z = 50$ мм та тиск лиття $P = 50$ МПа.

1.Тск що діє у радіальному напрямку:

$$\sigma_r^p = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} * \left(1 - \frac{R_H^2}{r^2}\right);$$

де r -поточний радіус ,

$r=R_b$ -при максимальному значенні радіального тиску .

$$\sigma_r^{pmax} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \frac{R_H^2}{50^2 - 31,5^2} \cdot \frac{50^2}{31,5^2}$$

$$\sigma_r^{pmin} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \frac{R_H^2}{50^2 - 31,5^2} \cdot \frac{50^2}{50^2}$$

2.Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^{pmax} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \frac{R_H^2}{50^2 - 31,5^2} \cdot \frac{50^2}{31,5^2} \quad \sigma_\tau^{pmin} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \frac{R_H^2}{50^2 - 31,5^2} \cdot \frac{50^2}{50^2}$$

3.Осьова напруга :

$$\sigma_z^{max} = \frac{P \cdot R_b^2}{R_H^2 - R_b^2} \cdot \frac{50^2}{50^2 - 31,5^2}$$

Розрахунок температурних напруг .

Вихідні дані :Внутрішній радіус корпусу $R_b=31,5$ мм ,зовнішній діаметр корпусу $R_z=50$ мм , модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа та коефіцієнт лінійного розширення $\alpha=1 \cdot 10^{-5}$ м/к.

1.Радіальна температурна напруга на стінках циліндра :

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_r^t = \frac{E * \alpha (T_3 - T_6)}{2 * (1 - \mu) \ln \frac{R_3}{R_6}} \left(\ln \frac{R_H}{r} + \frac{R_6}{R_3^2 - R_6^2} * \right) * \left(1 - \frac{R_3^2}{R_6^2} \right) \ln \frac{R_3}{R_6} ;$$

де $T_H - T_B = 3 \dots 5^\circ\text{C}$,

$$\sigma_r^t = \frac{2 * 10^{11} * 10^{-5} (5 - 1)}{2 * (1 - 0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(\ln \frac{50}{31,5} + \frac{31,5}{50^2 - 31,5^2} * \right) * \left(1 - \frac{50^2}{31,5^2} \right) \ln \frac{50}{31,5} = 5,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_r^t = \frac{2 * 10^{11} * 10^{-5} (5 - 1)}{2 * (1 - 0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(\ln \frac{50}{50} + \frac{23}{58^2 - 53^2} * \right) * \left(1 - \frac{50^2}{50^2} \right) \ln \frac{50}{50} = 0 \text{ МПа};$$

2. Тангенціальна напруга :

$$\sigma_\tau^t = \frac{E * \alpha (T_3 - T_6)}{2 * (1 - \mu) \ln \frac{R_3}{R_6}} \left(1 - 2 \ln \frac{R_H}{r} + \frac{R_6^2}{R_3^2 - R_6^2} * \right) * \left(1 - \frac{R_3^2}{r^2} \right) \ln \frac{R_3}{R_6} ;$$

$$\sigma_\tau^t = \frac{2 * 10^{11} * 10^{-5} (5 - 1)}{2 * (1 - 0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{31,5} + \frac{20^2}{55^2 - 40^2} * \right) * \left(1 - \frac{50^2}{31,5^2} \right) \ln \frac{50}{31,5} = 1,45 \text{ МПа};$$

$$\sigma_\tau^t = \frac{2 * 10^{11} * 10^{-5} (5 - 1)}{2 * (1 - 0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{50} + \frac{25^2}{34^2 - 30^2} * \right) * \left(1 - \frac{55^2}{55^2} \right) \ln \frac{50}{31,5} = 8,87 \text{ МПа};$$

3. Вісьова напруга :

$$\sigma_z^t = \frac{E * \alpha (T_3 - T_6)}{2 * (1 - \mu) \ln \frac{R_3}{R_6}} \left(\frac{1 - 2 \ln \frac{R_H}{r}}{\frac{2R_6^2}{R_3^2 - R_6^2} * \ln \frac{R_3}{R_6}} \right) ;$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_z^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (5-1)}{2 \cdot (1-0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{31,5} - \frac{2 \cdot 40^2}{31,5^2 - 40^2} * \ln \frac{50}{31,5} \right) = -8,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_z^t = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 10^{-5} (5-1)}{2 \cdot (1-0,3) \ln \frac{50}{31,5}} \left(1 - 2 \ln \frac{50}{50} - \frac{2 \cdot 31,5^2}{50^2 - 31,5^2} * \ln \frac{50}{50} \right) = 4,25 \text{ МПа};$$

4. Сумарні напруги :

Радіальна:

$$\sigma_r = \sigma_r^p + \sigma_r^t;$$

$$\sigma_r = -50 + 5,8 = 44,2 \text{ МПа};$$

$$\sigma_r = 0 + 0 = 0 \text{ МПа};$$

Тангенціальні напруги :

$$\sigma_\tau = \sigma_\tau^p + \sigma_\tau^t;$$

$$\sigma_\tau = 115,8 + 1,45 = 117,25 \text{ МПа};$$

$$\sigma_\tau = 65,8 + 8,87 = 74,67 \text{ МПа};$$

Осьова напруга :

$$\sigma_z = \sigma_z^p + \sigma_z^t;$$

$$\sigma_z = 32,9 - 8,3 = 24,6 \text{ МПа};$$

$$\sigma_z = 32,9 + 4,25 = 37,15 \text{ МПа};$$

Сумарне напруження знайдемо за четвертою теорією міцності :

$$\begin{aligned} \sigma_\Sigma &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \sigma_2 - \sigma_1 \sigma_3 - \sigma_2 \sigma_3} \leq [\sigma] = \\ &= \sqrt{44,2^2 + 117,25^2 + 24,6^2 - 44,2 * 117,25 - 44,2 * 24,6 - 117,25 * 24,6} = \\ &= 84,5 \text{ МПа} \leq 250 \text{ МПа}; \end{aligned}$$

Умови міцності виконуються .

3 Тепловий розрахунок черв'ячного преса

Розрахунок теплових характеристик даної машини сконцентрований на визначенні температурних впливів на найбільш важливі елементи - корпус і черв'як. Ці елементи відповідають як за нагрівання, так і за охолодження. У цих елементах машини відбуваються найбільш суттєві температурні процеси.

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надані початкові дані:

Потужність електродвигуна, який встановлено - $N = 80$ кВт.

Початкова температура матеріалу - $t_{\text{поч}} = 20$ °С.

Кінцева температура матеріалу – $t_{\text{кін}} = 200$ С°.

3.1. Енергетичний баланс

Кількість тепла, яку необхідно відвести за допомогою охолоджувальної води, визначається шляхом збереження енергетичного балансу.: [1, 6]

$$N_{\text{хол.}} = N_{\text{дв.}} - (N_{\text{суміші}} - N_{\text{втрат}}),$$

де $N_{\text{дв.}}$ – встановлена потужність електродвигуна приводу ;

$N_{\text{сум.}}$ – потужність , яка втрачається на нагрівання полімерної суміші ;

$N_{\text{втрат}}$ – включає втрати потужності в навколишній простір та в приводі машини

$$N_{\text{сум.}} = Q_{\text{сум.}} * 1.16 * 10^{-3},$$

де $Q_{\text{сум.}}$ – кількість теплоти, необхідна для підігріву полімерної суміші від початкової температури $t_{\text{поч}}$ до кінцевої температури $t_{\text{кін}}$.

$$Q_{\text{сум.}} = G * C_{\text{сум.}} * (t_{\text{кін.}} - t_{\text{поч.}})$$

$$\text{або } N_{\text{сум.}} = G * C_{\text{сум.}} * (t_{\text{кін.}} - t_{\text{поч.}}) * 1.16 * 10^{-3}$$

$$N_{\text{сум.}} = 160 \frac{\text{кг}}{3600 \text{сек}} * 1,5 * 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} * (200^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) * 1,16 * 10^{-3} = 13,9 \text{ кВт.}$$

Для оцінки енергетичних втрат в черв'ячній машині використовується загальний коефіцієнт КПД , який знаходиться в діапазоні від 0.7 до 0.9. Цей коефіцієнт враховує втрати енергії, які відбуваються в приводі черв'ячної машини.

Втрати потужності

$$N_{\text{пот.}} = N * (1 - \eta) = 80 * (1 - 0.88) = 80 * 0,12 = 9,6 \text{ (кВт.)}$$

$$\text{Тоді } N_{\text{хол.}} = 80 - (13,9 + 9,6) = 56,5 \text{ (кВт.)}$$

В перерахунку на теплову енергію

$$Q_{\text{хол.}} = N_{\text{хол.}} * 860 = 56,5 * 860 = 48590 \frac{\text{ккал.}}{\text{год.}}.$$

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення необхідного температурного режиму в різних зонах черв'ячної машини теплову енергію, отриману в процесі переробки полімерної суміші, необхідно відвести від цих зон. Це досягається за допомогою охолоджуючих поверхонь, розміри яких враховуються при розрахунку.

3.2. Аналіз енергетичного балансу та теплового розрахунку для черв'ячної машини розміром 63х30

Специфічна теплоємність полімерних сумішей, зокрема поліетилену, відображає їх здатність зберігати тепло:

$$C_{\text{сум.}} = 0,36 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{K}) = 1,5 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) ;$$

Коефіцієнт теплопровідності :

$$\lambda = 0.105 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$$

температура полімеру на вході в машину :

$$T_{\text{вх.}} = 20^\circ\text{C}$$

Вихідна температура полімеру:

$$T_{\text{вих.}} \leq 200^\circ\text{C} ;$$

Температура повітря, що охолоджує :

$$t_{\text{п}} = 25^\circ\text{C} ;$$

Охолодження корпусу преса здійснюється шляхом подачі повітря від індивідуальних вентиляторів. Максимальна температура, до якої нагрівається полімерна суміш у вторинному контурі, становить 80°C . Щоб визначити кількість тепла, що передається від полімерної суміші до охолоджувального повітря через розділяючі поверхні, використовується основне рівняння теплопередачі.

$$N_{\text{охол.}} = K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{сер}} ,$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$;

F – площа поверхні черв'ячної машини теплообміну, м^2 ;

$\Delta t_{\text{сер}}$ – Розрахований середньологаритмичний температурний градієнт між полімерною сумішшю і охолоджувальним повітрям.

Здобудемо значення коефіцієнта теплопередачі за допомогою формули

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст.}}{\lambda_{ст.}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C},$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до полімерної суміші .

Для орієнтовного оцінювання можна прийняти значення.

$$\alpha_1 = 2000 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}; \quad [1, 7]$$

$\delta_{ст.} = 0,018$ м – товщина стінки, яка передає тепло.;

$$\lambda_{ст.} = 60 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C} - \text{коефіцієнт теплопроводності стінки}; \quad [6]$$

α_2 – коефіцієнт теплопроводності від стінки до повітря

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda_{..n}}{d_{екв.}},$$

$$\text{де } \lambda n = 2,689 \cdot 10^{-2} \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C} - \text{коефіцієнт теплопередачі повітря при } 40^\circ C; \quad [6]$$

$d_{екв.}$ – еквівалентний діаметр охолоджувального каналу , м

$$d_{екв.} = \frac{4 \cdot f_k}{\Pi},$$

$$\text{де } f_k = \frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,150^2 - 0,1^2)}{4} = 0,0098 \text{ [м}^2\text{]} - \text{Площу перетину}$$

охолоджувального каналу можна визначити як площу поперечного перетину, через який протікає охолоджувальна рідина;

$$\Pi = \pi \cdot d_2 + \pi \cdot d_1 = 3,14 \cdot 0,15 + 3,14 \cdot 0,1 = 0,786 \text{ [м]}$$

Змочуваний периметр охолоджувального каналу в поперечному перетині
визначається

$$d_{екв.} = 4 \cdot 0,0098 / 0,786 = 0,051 \text{ [м]} .$$

Для визначення критеріального рівняння, яке визначає значення Nu, ми проведемо аналіз режиму руху охолоджувального повітря в рубашці секції ЧМ за умови вимушеної течії.

$$Re = V_{сер.} \cdot d_{екв.} \cdot \rho / \mu = V_{сер.} \cdot d_{екв.} / \nu,$$

де $V_{сер.}$ – середня швидкість руху

Припустимо, що витрати повітря на одну секцію машини ЧПК 125*25 орієнтовно становлять 400 м³/год. В такому випадку швидкість повітря в рубашці охолодження буде розрахована наступним чином:

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_B = \frac{G_B}{3600 \cdot f_K} = \frac{400}{3600 \cdot 0,0098} = 11,3 \left[\frac{M}{c} \right].$$

$\nu = 16,42 \cdot 10^{-6} \frac{M^2}{c}$ - коефіцієнт динамічної в'язкості повітря при 40°C [6].

$$\text{Тоді } Re = V_B \cdot d_{\text{екв.}} / \nu = \frac{11,3 \cdot 0,05}{16,42 \cdot 10^{-6}} = 34452.$$

$$34452 > 10000,$$

тобто враховуючи турбулентний режим руху, для визначення значення Nu рекомендується використовувати наступне рівняння [1]

$$Nu = 0,76 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{рід.}}}{Pr_{\text{ст.}}} \right)^{0,25},$$

де $Pr_{\text{ст.}}$ та $Pr_{\text{рід.}}$ - критерії Прандтля для рідини при температурі стінки та температурі охолоджувального повітря відповідно [6]

$$Pr_{\text{рід.}} = 0,70012 \text{ при температурі } 40^\circ\text{C}.$$

Для визначення $Pr_{\text{ст.}}$ приймаємо попередньо

$$t_{\text{ст.}} = t_{\text{в. сер.}} + 15^\circ\text{C} = 40 + 15 = 55^\circ\text{C}; Pr_{\text{ст.}} = 0,7 [6]$$

$$Nu = 0,76 \cdot 34452^{0,5} \cdot 0,7^{0,43} \cdot \left(\frac{0,7}{0,7} \right)^{0,25} = 121.$$

$$\alpha_2 = \frac{121 \cdot 2,689 \cdot 10^{-2}}{0,05} = 65 \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C}.$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2000} + \frac{1}{65} + \frac{0,018}{60}} = 68 \frac{Bm}{M^2 \cdot ^\circ C}.$$

Середньологаритмічний температурний напір визначимо з наступного рівняння [6]

$$\Delta t_{\text{сер.}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_M}{2,3 \cdot Lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_M}}.$$

$$\Delta t_{\delta} = 200 - 40 = 160 \text{ та } \Delta t_M = 60 - 36 = 24.$$

$$\Delta t_{\text{сер.}} = \frac{160 - 24}{2,3 \cdot Lg \frac{160}{24}} = 71,8^\circ\text{C}.$$

Поверхня охолодження Черв'ячного Пресу складається з :

а) для машини ЧП63х30

$$F_K = \pi \cdot D_H \cdot L \cdot \phi, \text{ м}^2,$$

де $D_H = 0,1 \text{ м}$ – зовнішній (найбільший) діаметр циліндра ;

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$L=2$ м – довжина циліндра ;

$\phi =0,9$ – коефіцієнт , який враховує поверхню , зайняту фланцями

$FK =3,14*0,1*0,9*2=0,57$ м² ;

Кількість тепла , що відводиться з охолоджуючим повітрям

$$N_{охол.}^1=0,57*71,8*80=32,7 \text{ кВт.}$$

Перевіримо зовнішню $t_{ст}$ поверхню

теплопередаючій стінки Черв'ячної Машини (ПЕ)

$$N_{охол.}^1=\alpha_2*F_{сум.}*(t_{ст} - t_v)=\alpha_2*F_{сум.}*\Delta t ,$$

$$\text{звідки } \Delta t=\frac{N_{охол.}^1}{\alpha_2*F_M}=\frac{3270}{0,5*100}=57^{\circ} \text{ C.}$$

$t_{ст}=\Delta t+ t_{п} = 57+39=96^{\circ}\text{C}$, значення задовільне.

Остаточно приймаємо загальний об'ємний потік вентиляторів 400 м³/год.

4.Розрахунки за допомогою системи ANSYS

Метод скінченних елементів (МСЕ) представляє собою ефективний і надійний інструмент для дослідження поведінки конструкцій під різними навантаженнями і умовами закріплення. На сучасному ринку програмного забезпечення доступна широка набір комплексів МСЕ, таких як ANSYS, NASTRAN, ABAQUS та інші.

Для проведення розрахунків був використований корпус черв'ячної машини. Метою було продемонструвати зусилля, що діють на дану деталь і переконатися, що вона витримає задані навантаження. Розрахунки були виконані за допомогою середовища ANSYS Workbench з використанням попередньо побудованої 3D моделі, яка була створена в програмному комплексі SOLIDWORKS.

4.1Розробка 3D модернізованого корпусу екструдера

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

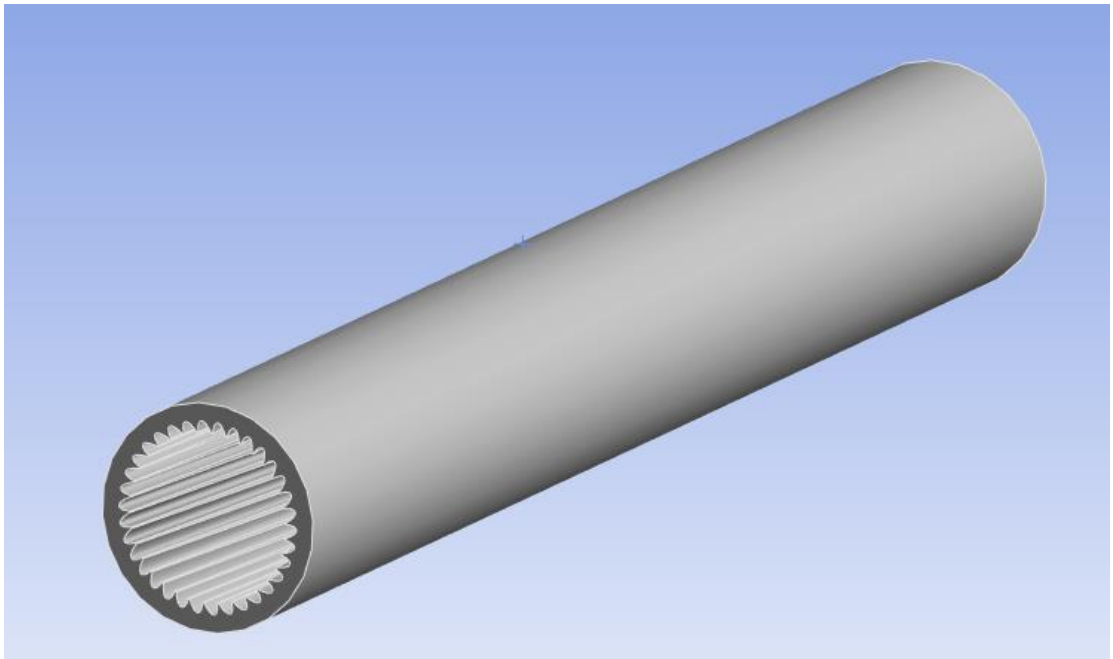


Рисунок 4.1- 3D модель корпусу черв'ячної машини

Далі розбиваємо модель на скінченні елементи:

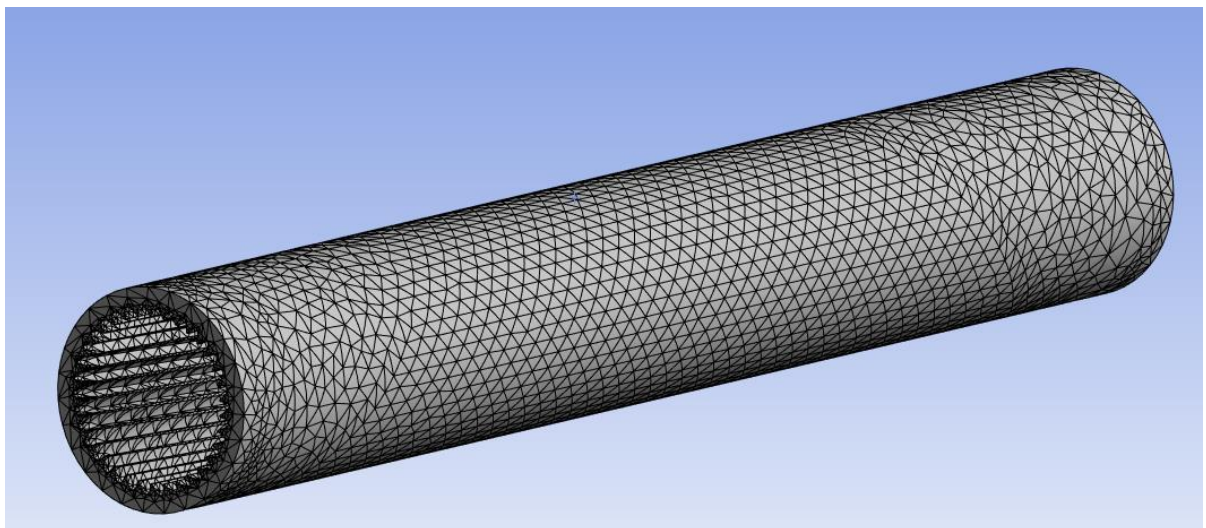


Рисунок 4.2 – Розбиття корпусу на скінченні елементи

4.2 Розрахунки модернізованої моделі в системі Ansys

Додаємо закріплення та навантаження на корпус

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

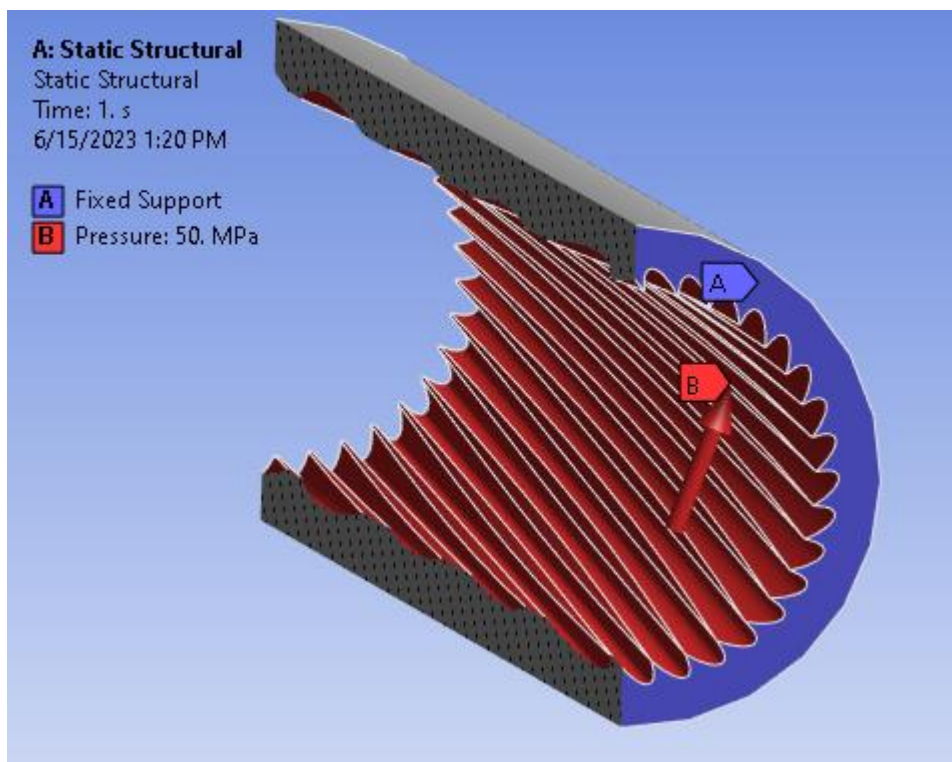


Рисунок 4.3 – Схема закріплень та навантажень корпусу

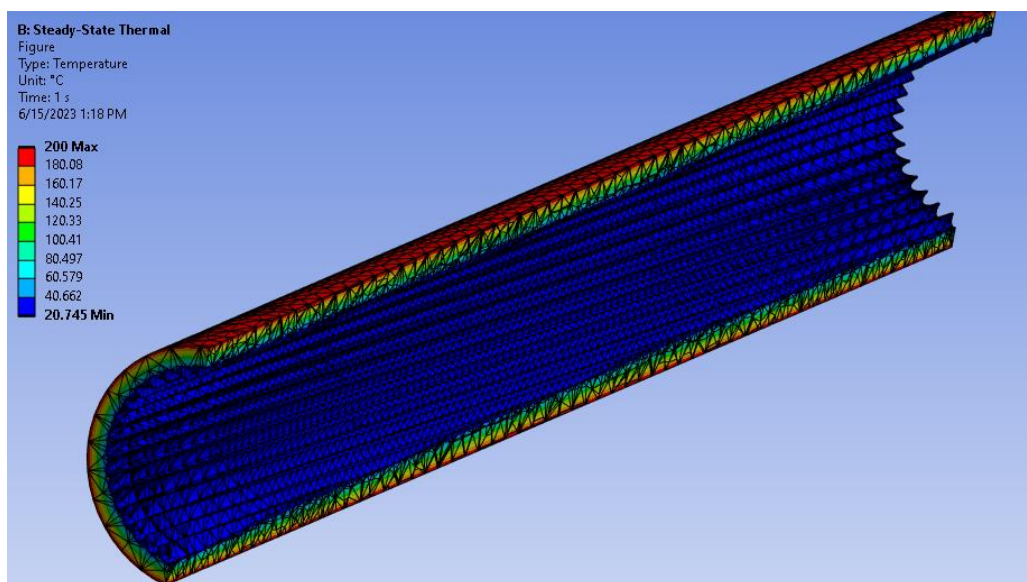


Рисунок 4.4 – Схема температурного навантаження

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

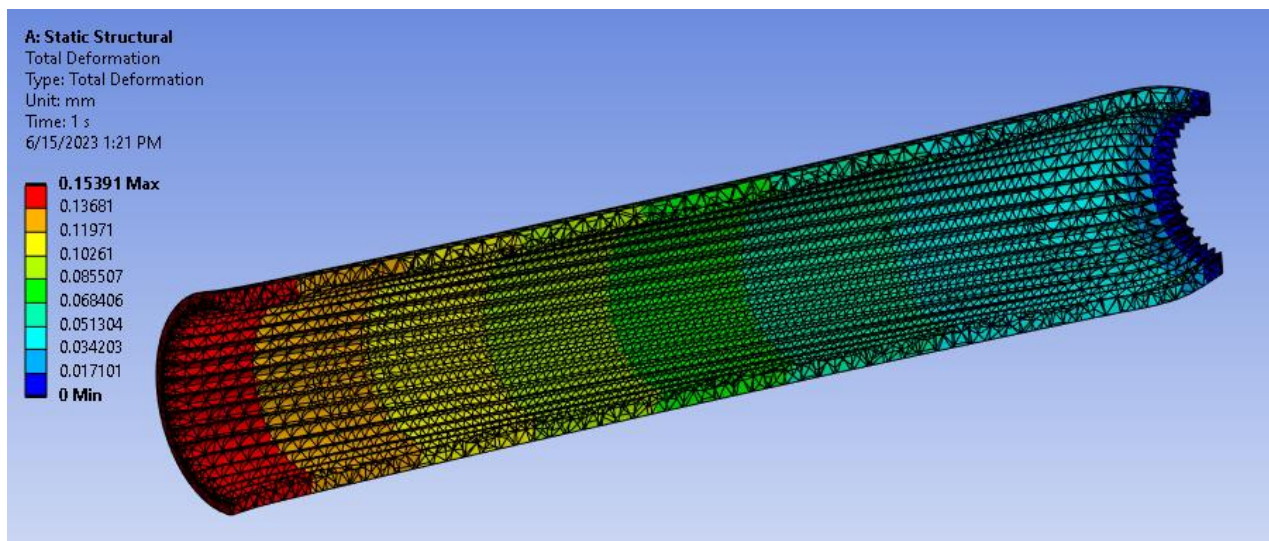


Рисунок 4.5 – Результати загальних деформацій

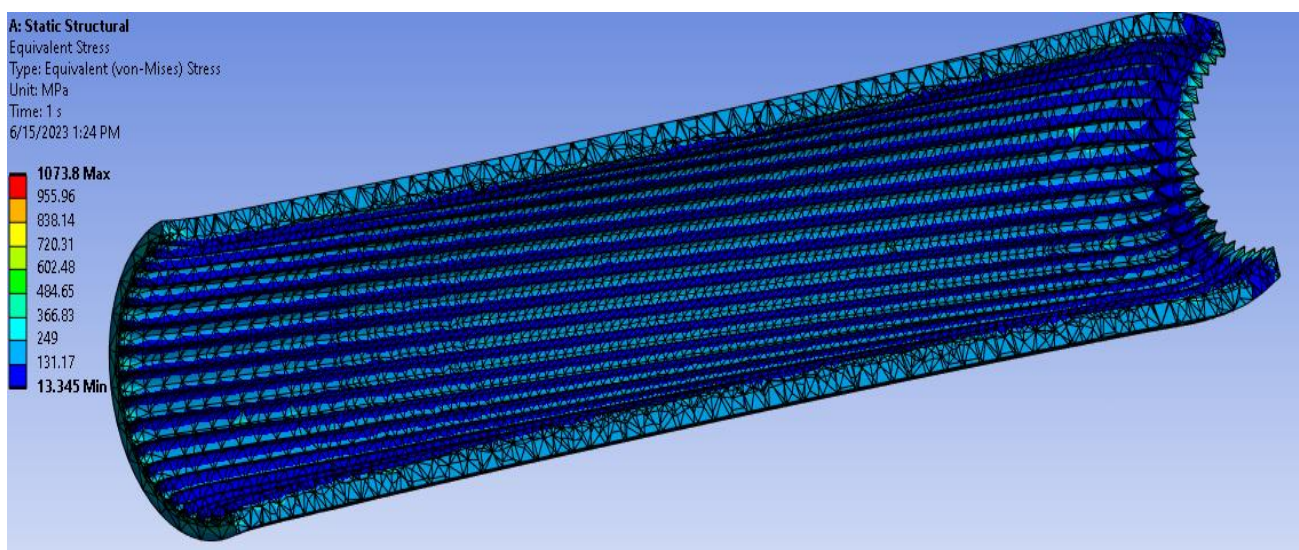


Рисунок 4.6 – Результати еквівалентних напружень

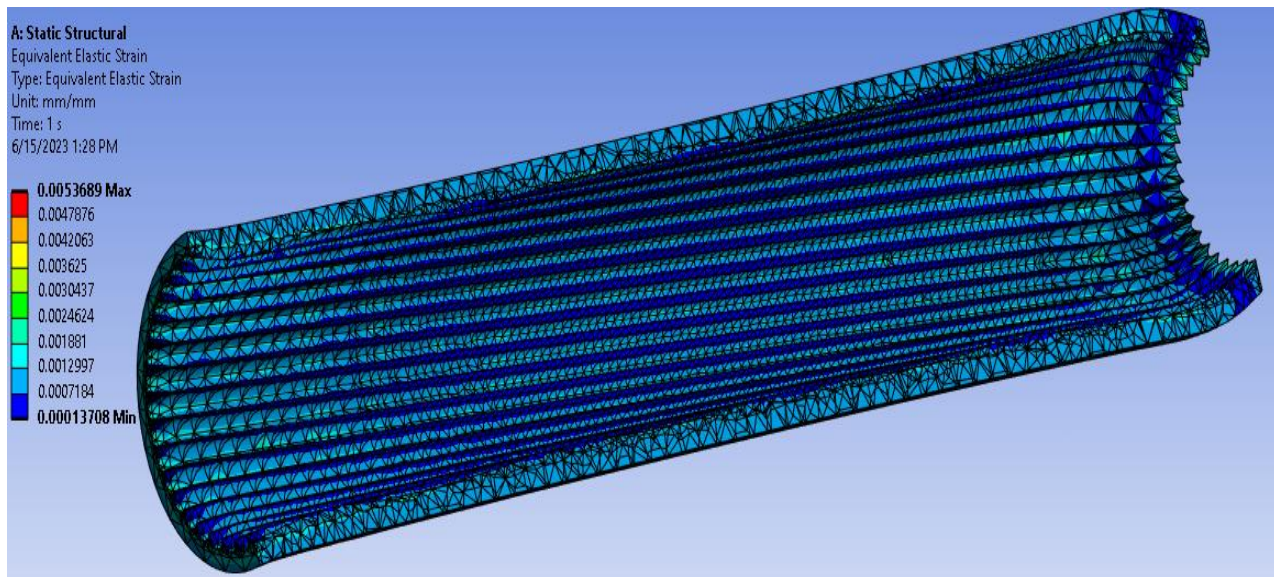


Рисунок 4.7-Результати розрахунку на згин

ВИСНОВКИ

У даному розділі були проведені розрахунки, які підтверджують працездатність конструкції. Зокрема, були виконані параметричні розрахунки, проведені розрахунки на міцність та теплові розрахунки. Для цього використовувалося програмне забезпечення Ansys, і отримані результати були проаналізовані.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що деталь може витримувати прикладений до неї тиск 50 МПа та температуру 200°C .

					ЛП91.157244.02-70PP	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**III РОЗДІЛ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «АГРЕГАТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ
ЕКСТРУДЕРА»**

ЗМІСТ

1. Технологія виготовлення деталі.....	3
1.1. Деталь:Опис та призначення	3
1.2. Вибір заготовки для виготовлення кришки.....	4
1.3. Технологічний процес виготовлення кришки.....	5
2. Вибір та розрахунок пристосування для певної операції.....	15
2.1. Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	15
2.2. Розрахунок сил закріплення деталі.....	16
Список літератури, використаної у розділі.....	18

					ЛП91.15.7244.03-70ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Агрегат для виготовлення полімерної плівки з модернізацією екструдера.			Літ.	Арк.	Архів	
Розроб.	Пехмейстнов									2	
Перевір.	Гун'єва										
Керівник											
Н. Контр.											
Затверд.	Сокольські										

1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Деталь:Опис і призначення

Технологічний процес виготовлення деталі "Кришка" був розроблений в рамках розділу "Технологія машинобудування" даного дипломного проекту. В цьому процесі було визначено послідовність виконання технологічних операцій для виготовлення деталі "Кришка". В наступних підрозділах детально описано порядок та всі етапи розробки технологічного процесу виготовлення деталі "Кришка".

Деталь "Кришка" (зображена на рис. 1.1) є важливою складовою частиною вузла опорного підшипника і використовується як кришка для корпусу опорного підшипника..

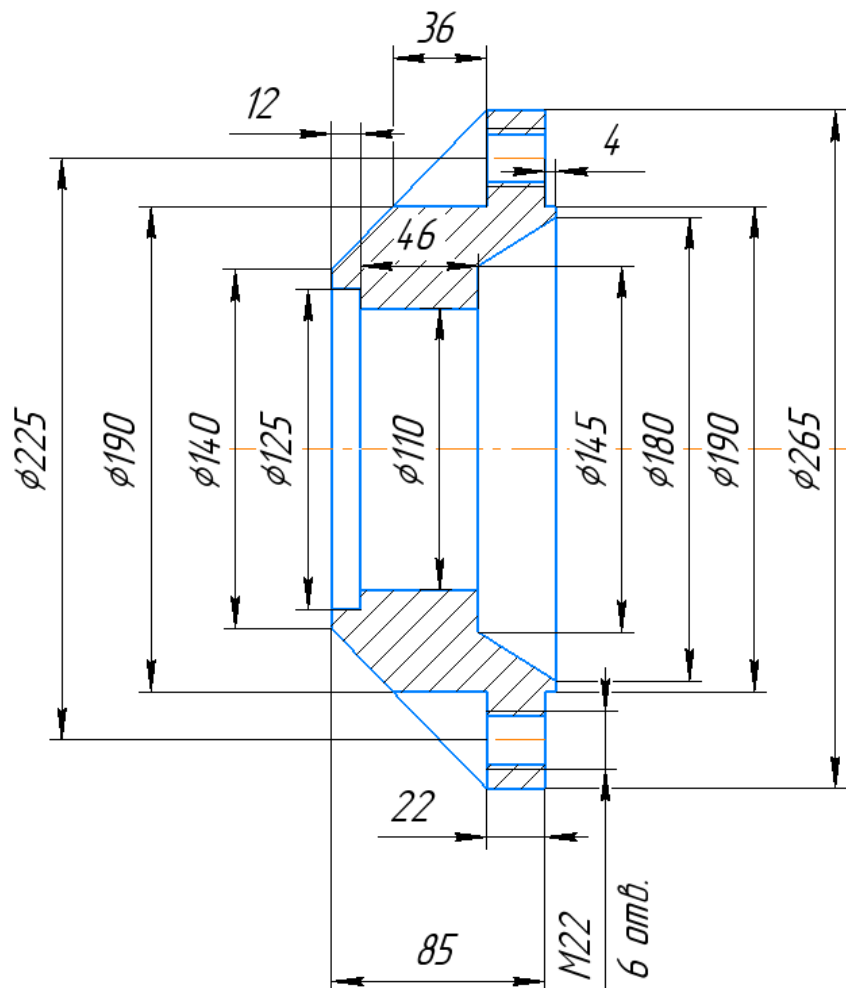


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі "Кришка"

					ЛП91.15.7244.03-70TE	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.им.	Підпис	Дата		5

У результаті технологічного контролю креслення деталі було виявлено наступне:

Деталь "Кришка" включає всі необхідні розміри, які необхідні для її виготовлення, і вони вказані на кресленні. Шорсткість всіх поверхонь деталі відповідає вимогам ГОСТ 2789-73.

Допуски і відхилення розмірів деталі додані відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82. Ці стандарти встановлюють припустимі відхилення, які дозволяють забезпечити необхідну точність розмірів деталі.

Допуски форми та розташування поверхонь деталі вказані відповідно до вимог ГОСТ 24643-81. Цей стандарт визначає допуски для форми та розташування поверхонь, що дозволяють досягти необхідної точності виготовлення.

Вимоги до точності виготовлення поверхонь відповідають вимогам, які пред'являються до шорсткості цих поверхонь. Це гарантує, що поверхні деталі виготовлені з відповідною точністю і шорсткістю.

1.2 Вибір заготовки для виготовлення кришки

Для виготовлення деталі "Кришка" використовується сірий чавун СЧ15, який відповідає ГОСТ 1412–85. Цей матеріал має певні характеристики, які підходять для даної деталі.

Заготовка для виготовлення деталі отримується шляхом лиття в пісчано-глинистій формі. Конфігурація виливка проста, що сприяє легкому вилученню моделі деталі з форми. Цей процес дозволяє ефективно виготовити деталь з необхідною формою та розмірами.

Використання сірого чавуну СЧ15 і лиття в пісчано-глинистій формі є унікальними особливостями технологічного процесу виготовлення деталі "Кришка". Вони забезпечують необхідну якість та легкість виготовлення даної деталі.

					ЛП91.15.7244.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		6

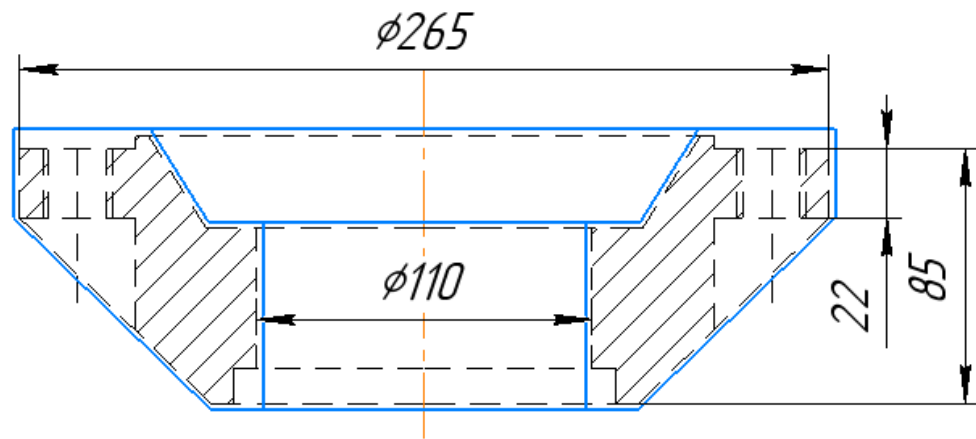


Рисунок 1.2 – Заготовка деталі "Кришка"

Для створення поглиблення під центральний отвір використовується ступінчастий стрижень. Цей метод є ефективним і дозволяє отримати необхідну геометрію деталі.

Лиття з металу є одним з основних способів виготовлення заготовок у машинобудуванні. Цей метод дозволяє отримати виливки різної форми та маси з необхідними фізико-механічними властивостями. В даному випадку використовується лиття в разові піщані форми, що є широко поширеним методом.

Для досягнення високої якості та продуктивності у всіх операціях обробки деталі "Кришка" використовуються спеціальні пристрої з швидкодіючим затисканням заготовок. Ці пристрої дозволяють забезпечити точність та ефективність обробки, що є важливими факторами у виробництві даної деталі.

1.3 Розробка технологічного процесу виготовлення кришки

Розроблений технологічний процес виготовлення деталі "Кришка" є результатом дипломного проекту, що свідчить про його унікальність і оригінальність.

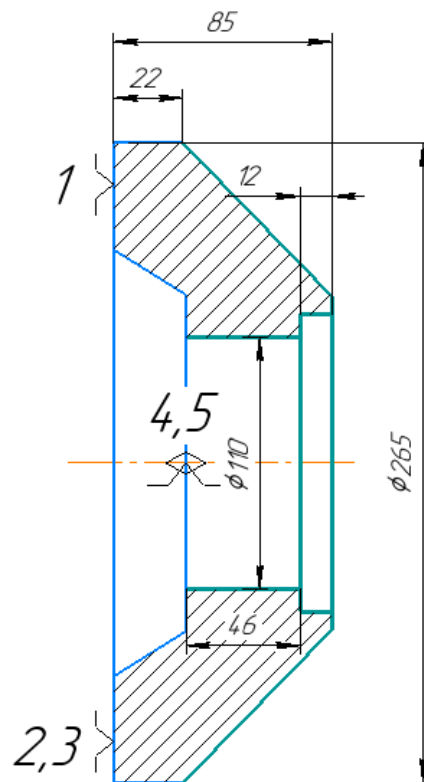
Технологічний процес виготовлення деталі представлений у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах, що дозволяє забезпечити чітку послідовність операцій та контроль якості на кожному етапі виробництва.

Посилання на джерела [1, 2, 3] підтверджують наявність документованої інформації про розробку технологічного процесу, що є важливим з погляду довіреності та доступності інформації для подальшого використання.

					ЛП91.15.7244.03-70TE	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.	Підпис	Дата		7

Дубл.																						
Взамін.																						
Підпис																						
										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата								
Розробив	Цехмейструк Є.С.					НТУУ "КПІ", ІХФ																
Перевірів	Борщик С.О.																					
										КРИШКА										Н		
Н. контр.																						
М01	СЧ15 ГОСТ 1412-85																					
	Код	ОВ	МД	ОМ	Н.роз	КВМ	код.загот	Профіль і розміри				КД	МЗ									
М02		Кз	60	1		0,8						1	7 5									
А	Цех	Уч	Рм	Опер	Код, найменування операції				Позначення документу													
Б	Код, найменування обладнання				См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт							
А01				005	3608 Токарна				60141.00001; 20141.00001; 10П№ХХ-ХХ													
Б02	38261.ХХХХ Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3					18632	3	10	1	1	1	50	1									
03																						
А04				010	3608 Токарна				60141.00002; 20141.00002; 10П№ХХ-ХХ													
Б05	38261.ХХХХ Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3					18632	3	10	1	1	1	50	1									
06																						
А07				015	4261 Фрезерна				60141.00003; 20141.00003; 10П№ХХ-ХХ													
Б08	38261.ХХХХ Вертикально-фрезерний верстат 6М12П					18632	3	10	1	1	1	50	1									
09																						
А10				020	3708 Вертикально-свердильна				60141.00003; 20141.00003; 10П№ХХ-ХХ													
Б11	38261.ХХХХ Вертикально-свердильний верстат 2Р135Ф2					18632	3	10	1	1	1	50	1									
12																						
А13																						
Б14																						
15																						
А16																						
Б17																						
МК	Обробка різанням																					

Дубл.															
Взамін															
Підпис															
											Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
Розробив	Цехмейструк Є.С.					НТУУ "КПІ", ІХФ						005			
Перевірів	Борщик С.О.														
Н. контр.								КРИШКА				Н			



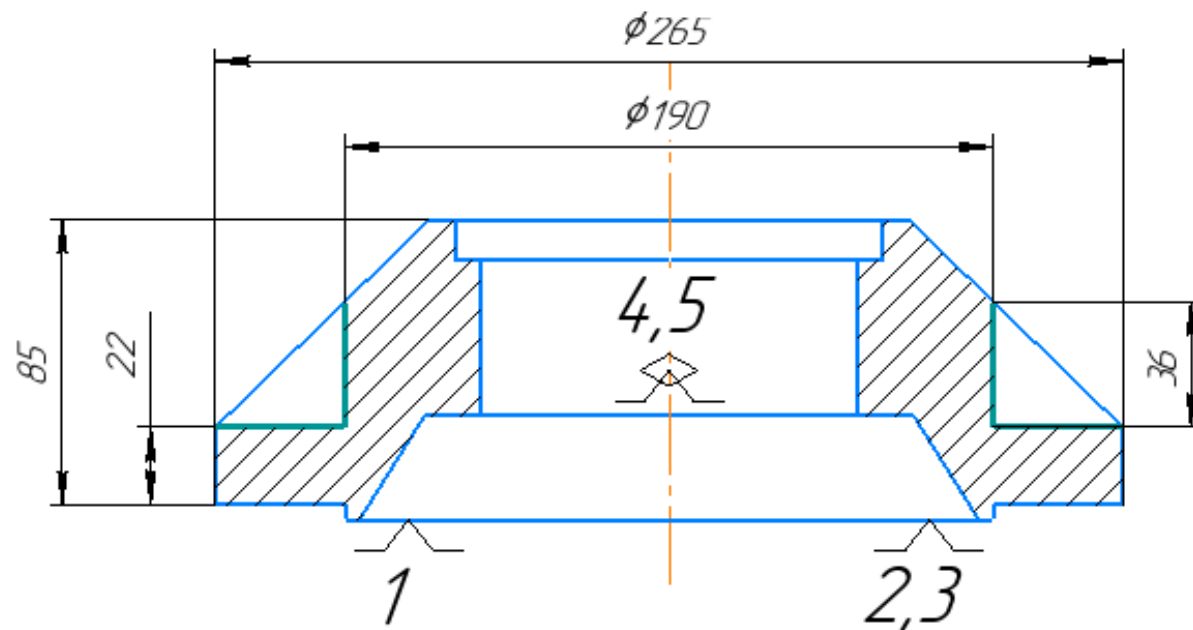
КЕ

Обробка різанням

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or hub, showing a cross-section. The part has a central bore with a diameter of 14.5 mm. The outer diameter is 265 mm. The length of the part is 85 mm. The drawing includes dimensions for the bore (14.5 mm), the outer diameter (265 mm), and the length (85 mm). The part is labeled "Обробка різанням" (Machining).

ГОСТ 3.555-84 Форма 7

Дубл.																	
Взамін.																	
Підпис																	
												Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата	
Розробив	Цехмейструк Є.С.				НТУУ "КПІ",						015						
Перевірів	Борщук С.О.				ІХФ												
					КРИШКА										Н		
Н. контр.																	



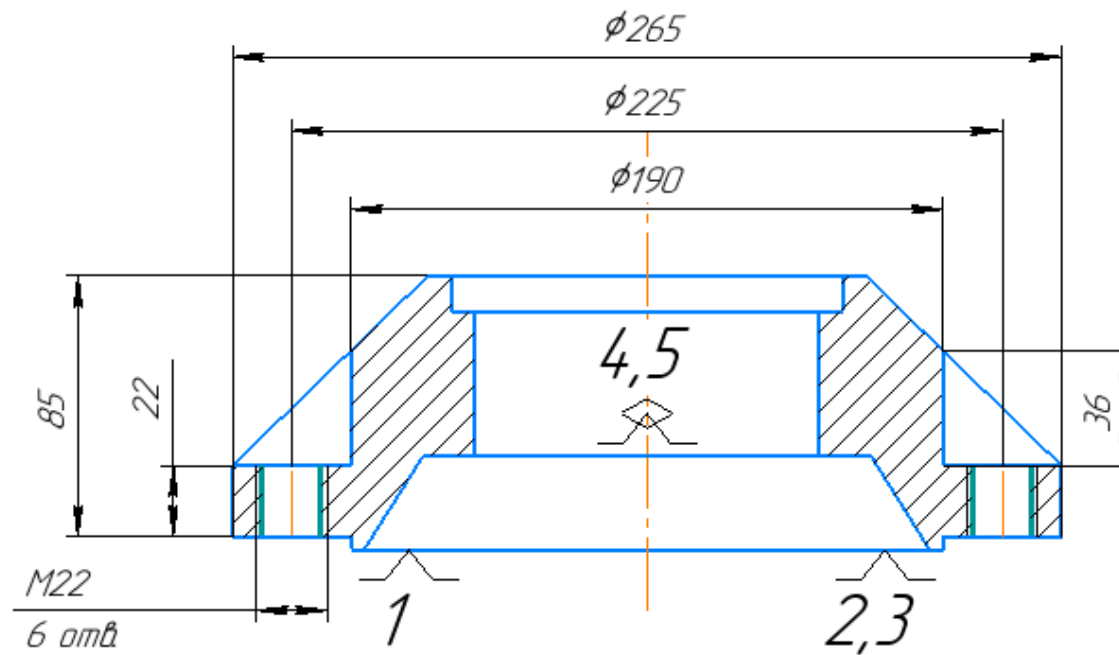
KE

Обробка різанням

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата					

Розробив	Цехмейструк Є.С.			НТУУ "КПІ", ІХФ			020
Перевірів	Борщик С.О.						
Н. контр.				КРИШКА		Н	



KE

Обробка різанням

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support. The drawing shows a cross-section with the following dimensions:

- Overall width: 65
- Top horizontal segment: 22
- Top sloped segment: 10
- Central vertical segment: 4,5
- Bottom sloped segment: 2,3
- Bottom horizontal segment: 40
- Overall height: 50

The part is shown in a perspective view, with a blue outline and a hatched area indicating a specific material or finish. A dashed line indicates the center of the part.

[illegible]

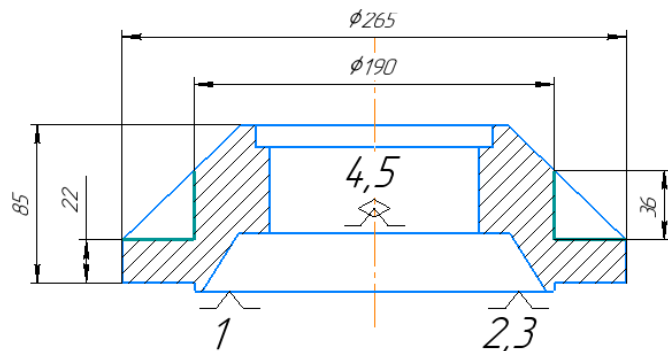
Обробка різанням

Дубл.																			
Взамін.																			
Підпис																			
Розробив	Цехмейструк Є.С.																		
Перевірів	Борщук С.О.																		
Н. контр.																			
				НТУУ "КПІ", ІХФ															
				КРИШКА								Н				010			
				Назва операції				Матеріал											
				Токарна				СЧ15 ГОСТ 1412-85											
				Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ		Коод								
					кг				75		0,8								
				Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми											
				Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3															
				То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР											
								Емульсія											
Р					ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v							
P01	1. Точити Ø265 начорно, начисто;																		
T02	2. Точити Ø190 начорно, начисто;																		
O03	3. Точити конусну поверхню Ø145 начорно;																		
O04	4. Підрізати торці.																		
T05																			
T06																			
P07																			
O08																			
O09																			
O10																			
OK	Обробка різанням																		

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата					

Розробив	Цехмейструк Є.С.			НТУУ "КПІ",					
Перевірів	Борщук С.О.			ІХФ					
Н. контр.				КРИШКА				Н	015



Назва операції				Матеріал		
Фрезерна				СЧ15 ГОСТ 1412-85		
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод
	кє				75	0,8
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми		
Вертикально-фрезерний 6М12П						
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР		
				Емульсія		

Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Фрезерувати уступ 36 на Ø190 начорно;								
T02	2. Фрезерувати уступ 36 на Ø190 начисто.								
O03									
O04									
T05									
T06									
P07									
O08									
O09									
O10									
ОК	Обробка різанням								

Дубл.																	
Взамін.																	
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата			
Розробив	Цехмейструк Є.С.			НТУУ "КПІ",													
Перевірів	Борщук С.О.			ІХФ													
КРИШКА											Н		020				
Н. контр.																	
				Назва операції				Матеріал									
				Вертикально-свердлильна				СЧ15 ГОСТ 1412-85									
				Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри				МЗ	Коод					
					кє						75	0,8					
				Обладнання, пристрій ЧПК							Позначення програми						
				Свердлильний верстат 2Р135Ф2													
То		Тд		Тп.з		Тшт.		МОР									
								Емульсія									
Р				ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v						
P01	1. Свердлити 6 отвірів під М22;																
T02	2. Нарізати різьбу М22.																
O03																	
O04																	
T05																	
T06																	
P07																	
O08																	
O09																	
O10																	
ОК	Обробка різанням																

2 ВИБІР ТА РОЗРАХУНОК ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПЕВНОЇ ОПЕРАЦІЇ

2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

Токарний трикулачковий патрон є важливим пристроєм для закріплення оброблюваних заготовок на токарних верстатах у серійному й масовому виробництві. Це свідчить про його значення і використання в широкому спектрі виробничих умов.

Установка заготовок у трикулачкові патрони особливо ефективна для деталей невеликої довжини, що дозволяє оптимізувати процес обробки і забезпечити стабільне закріплення деталі під час обробки.

Патрон трикулачковий токарний, показаний на кресленні із джерелом [4], використовує трьох кулачків для закріплення деталі під час обробки. Цей дизайн забезпечує надійне і точне закріплення оброблюваної заготовки, а також зручну регулювання кулачків за допомогою важеля і гвинтів, що підвищує його ефективність та надійність у виробничих умовах.

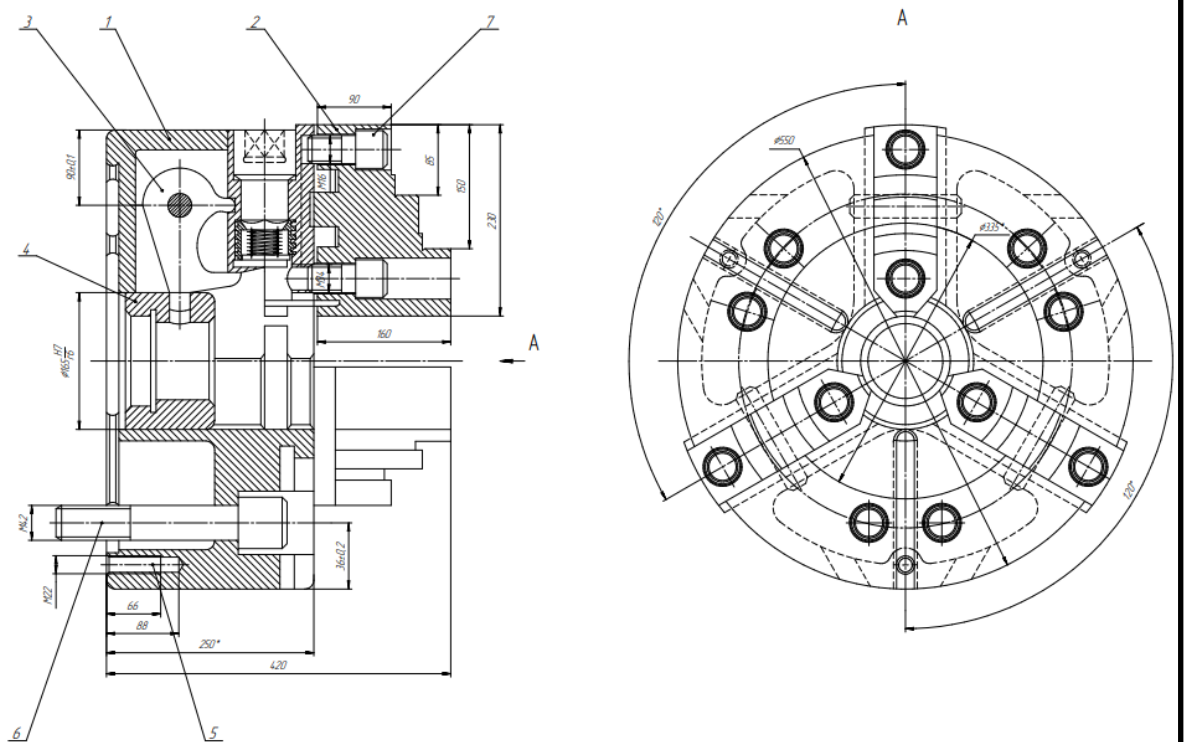


Рисунок 2.1- Три-кулачковий токарний патрон

					ЛП91.15.7244.03-70ТЕ	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.им.	Підпис	Дата		15

2.2 Розрахунок сил закріплення деталі

У процесі обробки заготовки в токарному трикулачковому патроні враховуються сили, які впливають на заготовку. На неї діють складові сили різання та сила затиску, що створює рівновагу в системі.

За умови рівноваги моментів цих сил і з урахуванням коефіцієнта запасу визначаються необхідні затискні і початкові зусилля. Це гарантує стабільне закріплення заготовки та запобігає її ненавмисному обертанню.

Сумарний крутний момент від дотичної складової сили різання, яка намагається повернути заготовку у кулачках, визначається за формулою:

$$M_p = P_z \cdot r_1.$$

Поворот заготовки у кулачках перешкоджає момент сили затиску, який визначається формулою:

$$M_z = W_{\text{сум}} \cdot f \cdot r.$$

У вищезазначених формулах використовуються наступні прийняття: P_z представляє головну складову сили різання, яка тенденційно обертає заготовку і має значення 850Н. Радіус обробленої частини деталі позначається як r_1 , тоді як r вказує на радіус необробленої частини деталі.

Коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і кулачками позначається як f . Крім того, сила затискання деталі трьома кулачками патрона, позначена як $W_{\text{сум}}$, розраховується як W помножене на 3. Врахування цих факторів дозволяє підібрати оптимальні зусилля затискання та забезпечити стабільну обробку заготовки в токарному трикулачковому патроні.

					ЛП91.15.7244.03-70TE	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.им.	Підпис	Дата		18

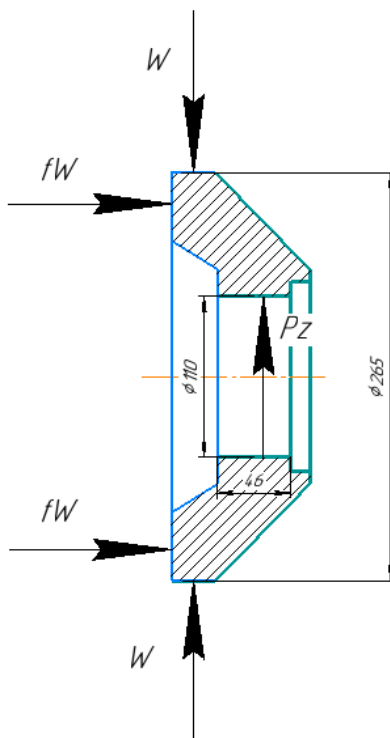


Рисунок 2.2 – Сили, що діють на деталь у процесі обробки

Шляхом зрівняння цих моментів ми визначимо необхідну силу затискання, яка протидіє обертанню заготовки у кулачках.:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \cdot P_z \cdot r_1}{f \cdot r},$$

де K -це коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5,$$

де Коефіцієнт запасу K_0 дорівнює 1,5 і гарантує достатній запас міцності для всіх пристроїв.

Коефіцієнт K_1 , який дорівнює 1,1, враховує стан поверхні оброблюваної заготовки.

Коефіцієнт K_2 , який дорівнює 1, враховує вплив сил різання, що виникають від прогресивного затуплення інструменту.

Коефіцієнт K_3 , який дорівнює 1, враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні.

Коефіцієнт K_4 , який дорівнює 1,4, враховує сталість сили затискання, що створюється приводом пристосування.

					ЛП91.15.7244.03-70TE	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.им.	Підпис	Дата		19

Коефіцієнт K_5 , який дорівнює 1, враховує наявність моментів, що тяжіють до повороту оброблюваної деталі навколо її осі.

Остаточно, розраховуємо коефіцієнт запасу:

$$K = 1,5 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 = 2,1.$$

Розраховуємо зусилля затиску у трьохкулачковому патроні, що перешкоджає провороту деталі при обробці:

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,1 \cdot 850 \cdot 0,112}{0,35 \cdot 0,110} = 5193 \text{ Н},$$

де $r_1 = 112 \text{ мм}$; $r = 110 \text{ мм}$;

$f = 0,35$ Коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і кулачків може бути унікальним для кулачків із рифленою поверхнею-.

Також, в даному випадку приймаємо, що сила затиску $W_{\text{сум}}$ дорівнює 5,2 кН. Це є унікальним значенням для цього конкретного технологічного процесу виготовлення деталі "Кришка".

					ЛП91.15.7244.03-70TE	Адк.
Змн.	Адк.	№ док.м.	Підпис	Дата		20

ВИСНОВКИ

У розділі "Технологія машинобудування" був розроблений технологічний процес виготовлення деталі кришка. Для цього були розроблені операційні та маршрутні карти, а також карти ескізів процесу. Було обрано необхідне обладнання та металорізальні верстати для виготовлення кришки.

Також обрали пристосування для виготовлення операції-токарного трикулачкового патрона. Додатково до вже згаданого токарного трикулачкового патрона, варто зазначити, що вибір цього пристосування є унікальним для даного технологічного процесу виготовлення деталі "Кришка". Використання токарного трикулачкового патрона є ефективним в умовах серійного й масового виробництва, оскільки забезпечує надійне закріплення оброблюваних заготовок на верстатах токарної групи. Цей вибір пристосування дозволяє досягти підвищеної продуктивності та забезпечити стабільну якість обробки деталі "Кришка" у процесі виробництва.

					ЛП91.15.7244.03-70TE	Адк.
						18
Змн.	Адк.	№ док.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ, ВИКОРИСТАНОЇ У РОЗДІЛІ

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 655 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 498 с.
3. Горбачев А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 260 с.
4. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникум. М., "Выш. школа", 1974. – 264с.

					<i>ЛП91.157244.03-70TE</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виконано дипломний проект на тему «Агрегат для виробництва полімерної плівки з модернізацією екструдера», В рамках проекту було проведено аналіз технологічних характеристик екструдера та виявлені його переваги та недоліки. На основі літературно-патентного огляду було обрано патент, який послужив основою для запропонованої модернізації корпусу екструдера.

Проведені механіко-економічні розрахунки підтвердили ефективність обраної модернізації, а також були виконані розрахунки на міцність модернізованого корпусу з використанням системи ANSYS. Результати розрахунків свідчать про високу міцність модернізованого корпусу екструдера.

У розділі "Технологія машинобудування" був розроблений технологічний процес виготовлення деталі кришки з використанням операційних та маршрутних карт. Було обрано необхідне обладнання та металорізальні верстати для виготовлення деталі. Також було обрано токарний трикулачковий патрон для закріплення оброблюваних заготовок на верстатах токарної групи.

Проведені розрахунки сил закріплення підтвердили ефективність обраного токарного трикулачкового патрона.

У процесі виконання дипломного проекту були підготовлені тези і опубліковані, що сприяє поширенню отриманих результатів.

Загалом, розроблена модернізована машина є повністю працездатною і відповідає поставленим технічним вимогам. Результати дипломного проекту можуть бути використані в серійному й масовому виробництві полімерної плівки з використанням екструдера.

					ЛП91.15.7244.00-70	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Література

1. Рябінін Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей. - М.: Машиностроение, 1965.

2. Красовский В.М., Воскресенский А.М., Харчевский В.М. Примеры и задачи по технологии и переработке эластомеров. - Л.: Химия, 1984.

3. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. - Киев.: Наукова думка, 1988.

4. Ануриев В.И. Справочник конструктора- машиностроителя, т.2, 1982.

5. Зубчатые передачи. Справочник под общей редакцией Гинзбурга Е.Г. - Л.: Машиностроение, 1980.

6. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування. Розділ "Теплові розрахунки для переробки полімерів" для студентів спеціальності 17.05 "Машини й апарати хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" /Укл. І. В. Коваленко, В.В. Малиновський, В.Г. Нестеров, С.О. Пристайлов./ - К.: КПІ, 1992.

7. Машины и аппараты химических производств. Под общей редакцией Соколова В.М. - Л.: Машиностроение, 1982.

8. Пат. СРСР А.С. 396270 МПК В28f 3/04. Сенатос В.А., Ануфрієв В.А., Петухов. А.Д. - Кільцева екструзійна голівка. Опубл. 29.08.1973, бюл. №36, 1973р.

9. Пат СРСР А.С. 396270 МПК В28f 3/04. Жданов Ю.А., Сенатос В.А., Збиковський О.А., Петухов А.Д. – Екструзійна голівка. Опубл. 28.06.1971, бюл. №28, 1971р.

Пат. Російська Федерація 93050092/05 МПК В28f 3/04. Буліна Т.П., Волков А.А., Каптюшин Д.Р. - Установа для виготовлення рукавної плівки з полімерних матеріалів. Опубл. 25.12.1994р.

					ЛП91.157244.00-70	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

11. Пат. Російська Федерація 2007134824/22 МПК В29С 47/20. Боев Е.Л., Афанасенко В.Г., Иванов С.П., Шулаев Н.С., Николаев Е.А.-Екструзійна голівка. Опубл. 18.08.2007р.

12. Пат. Російська Федерація А.С. №230454 МКП В29С 47/20. Маглер Франц, Юайер Кристиан, Гейнекер Міхаель, Либовський Йохим- Екструзійна голівка для виробництва видувної рукавної плівки. Опубл. 10.12.2008р.

13. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова.-4-е изд., перераб. и доп.- М.:Машиностроение,1985-1986.-823 с.

14. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков.

15. Сівецький, В. І., Івіцький, І. І., Куриленко, В. М., & Поліщук, О. В. (2018). Моделювання процесу введення мікрровключень у розплав полімеру. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (1), 53–60. <https://doi.org/10.20535/2306-1626.1.2018.143377>

16. Сокольський, О. Л., & Сімончук, Є. П. (2019). Моделювання усадки полімерного виробу в процесі лиття під тиском. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (1), 119–126. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2019.171203>

Казак, І. О., & Мотрич, В. А. (2021). Аналіз особливостей конструкції гвинтового живильника з метою удосконалення його роботи. Вісник НТУУ “КПІ імені Ігоря Сікорського”. Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження, (1), 22–30. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2021.228085>

					ЛП91.157244.00-70	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Додатки

№	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Черв'ячний екструдер	Ua № 54020 (2010р) МПК B29с 47/38 B29с 47/58 Автори: Гримальський Олег Вікторович, Мікульонок Ігор Олегович, Швед Дмитро Миколайович,	Суть:..Включає корпус, який складається з декількох зон, зокрема зони завантаження, зони стиснення, зони дозування, захоплюючого пристрою та шнека. Шнек виготовлений у збірному вигляді і має певну конфігурацію у різних зонах. У зоні завантаження шнек має конічну секцію, у зоні стиснення - послідовно розташовані бар'єрну секцію та секцію декомпресії, а у зоні дозування шнек складається з двох послідовно розташованих конічної і змішувальної секцій з перегородками і прорізами на кожному витку. Ці прорізи розташовані на рівномірній відстані один від одного в зоні дозування. Ціль:досконалення екструдера шляхом впровадження нової конструкції шнека в зоні дозування.

2	Черв'ячний Екструдер	UA 60804 (2011р) МПК B29C 47/38 B30B 9/14 Автори: Зубрій Олег Григорович, Мікульонок Ігор Олегович, Шафаренко Анна Петрівна	Суть: Було розроблено черв'ячний екструдер з порожнім корпусом, завантажувальним і розвантажувальним отворами, а також можливістю обертання черв'яка. Цей черв'як утворює робочий канал разом із порожниною корпуса. Екструдер також містить запірний елемент, який служить для перекриття робочого каналу. Запірний елемент представлений кільцевим диском з отворами для проходження перероблюваного матеріалу. Особливістю цього екструдера є те, що запірний елемент складається з двох аналогічних частин, які можуть обертатися одна відносно однієї і фіксуватися в заданому положенні. Це забезпечує більш гнучкий контроль за проходженням матеріалу через екструдер та регулюванням процесу екструзії. Ця конструкція дозволяє досягти високої ефективності
---	-------------------------	--	---

			та точності управління процесом екструзії, а також спрощує обслуговування та обслуговування екструдера. Ціль: удосконалення екструдера за рахунок утворення робочого каналу.
3	Шнек Екструдера Підвищеної Довговічності	UA № 64797 (2011р) МПК В29С 47/38 Автори: Каплун Віталій Григорович, Гончар Володимир Антонович	Суть: Розроблено шнек екструдера підвищеної довговічності, який складається з багатьох взаємозамінних секцій. Кожна секція складається з порожнистих циліндрів з нарізкою витків на зовнішній поверхні. Секції фіксуються на валу шпонками та закріплюються гвинтом з натискною шайбою в осьовому напрямку. Під час експлуатації секції можуть мінятися місцями для уникнення зношування. Ціль: розроблення полягає в підвищенні довговічності шнека екструдера. Застосування взаємозамінних секцій дозволяє замінювати лише окремі пошкоджені частини шнека, зберігаючи решту в робочому

			стані. Це спрощує та зменшує витрати на обслуговування та ремонт екструдера.
4	Одночерв'ячний Екструдер	UA № 67468 (2012 р) МПК В29С 47/38 В30В 9/14 Автори: Мікульонок Ігор Олегович, Войцеховська Євгенія Миколаївна, Рудакова Вероніка Андріївна	Суть:. Розроблено одночерв'ячний екструдер, який має порожнистий корпус з завантажувальним отвором і фільєром з розвантажувальним отвором. В порожнині корпуса розміщений черв'як, який може обертатися і утворює робочий канал. З боку фільєри черв'як має циліндричну насадку. Унікальність цього екструдера полягає в його простоті та ефективності. Одночерв'ячна конструкція спрощує виготовлення та обслуговування екструдера. Він забезпечує потрібний тиск і перемішування матеріалу, що дозволяє отримувати якісні

			вироби. Цей екструдер є надійним та економічним рішенням для виробництва пластикових виробів. Ціль: одночерв'ячний екструдер, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує регулювання загальної довжини шляху, що проходить перероблюваний матеріал, а отже і регулювання часу перебування перероблюваного матеріалу в екструдері, що істотно розширює технологічні можливості екструдера
5	Екструдер для переробки різnorідних вторинних полімерних матеріалів	RU № 176485 (2017р) МПК В29С 47/38 Автори: Дядичев Валерий Владиславович, Колесников	Суть: Розроблено унікальний екструдер для переробки різnorідних вторинних полімерних матеріалів. Він включає корпус з зонами завантаження, стиснення та дозування,

		Андрей Валерьевич, Дядичев Александр Валерьевич, Менюк Сергей Григорьевич, ДядичеваИрина Викторовна	захоплюючий пристрій і шнек. У цьому екструдері шнек має нову конструкцію в зоні дозування. Сутність новаційного рішення полягає у використанні збірного шнека з різними секціями. У зоні завантаження шнек має конічну секцію, у зоні стиснення - послідовно розташовані бар'єрну секцію і секцію декомпресії, а у зоні дозування - дві послідовно розташовані конічну і змішувальну секції. Ціль:Корпус в змішувальній секції має поперечні пази у формі шестикутника, розташовані на рівномірній відстані один від одного. Ця нова конструкція шнека у зоні дозування удосконалює роботу екструдера. Вона
--	--	---	--

			забезпечує більш ефективне змішування матеріалу, покращує його подачу і забезпечує високу якість виробів. Цей удосконалений екструдер є ефективним і надійним інструментом для переробки полімерних матеріалів.
--	--	--	--

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація		
A1				ЛП91.157244.001.СК	Складальне креслення		
					Деталі		
		1		ЛП91.157244.002	Вакуумний завантажувач	1	
A1		2		ЛП91.157244.003	Екструдер однокерв'ячний		
					ЧП63х30	1	
		3		ЛП91.157244.004	Фільтр шибєрний	1	
		4		ЛП91.157244.005	Бункер	1	
A1		5		ЛП91.157244.006	Головка кільцево обертова	1	
		6		ЛП91.157244.007	Кільце охолодження	1	
		7		ЛП91.157244.008	Пристрій стабілізуєчий	1	
		8		ЛП91.157244.009	Пристрій складаєчий	1	
		9		ЛП91.157244.0010	Пристрій прийомний	1	
		10		ЛП91.157244.0011	Відхиляєчий ролик	2	
		11		ЛП91.157244.0012	Естакада	2	
		12		ЛП91.157244.0013	Пристрій обрізання і відведення кромєк	1	
		13		ЛП91.157244.0014	Наматувальний верстат СНП2-1500	1	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП91.157244.002-70СК	Загальний вид		
				<u>Складаньні одиниці</u>		
	1		ЛП91.157244.002.001	Редуктор	1	
	2		ЛП91.157244.002.002	Кожух корпусу	1	
	3		ЛП91.157244.002.003	Нагрівний елемент	5	
	4		ЛП91.157244.002.004	Корпус	1	
	5		ЛП91.157244.002.005	Рама	1	
	6		ЛП91.157244.002.006	Бункер	1	
	7		ЛП91.157244.002.007	Завантажувальна горловина	1	
	8		ЛП91.157244.002.008	Черв'як	1	
	9		ЛП91.157244.002.009	Вентилятор	3	
				<u>Деталі</u>		
	10			Втулка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
	11			Болт М12х2 ГОСТ 7798-70	8	
	12			Болт М14х2 ГОСТ 7798-70	4	
				ЛП91.157244.002-70СК		
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Екструдер		
Розроб.	Цехмейстер					
Перевірив	Гур'єва Л.Н.					
Н.контр.						
Затвердив	Скопальський О.Л.					
				Літера	Аркш.	Аркшів
					1	2
				КПІ ім.Ігоря Сікорського, ІХФ		

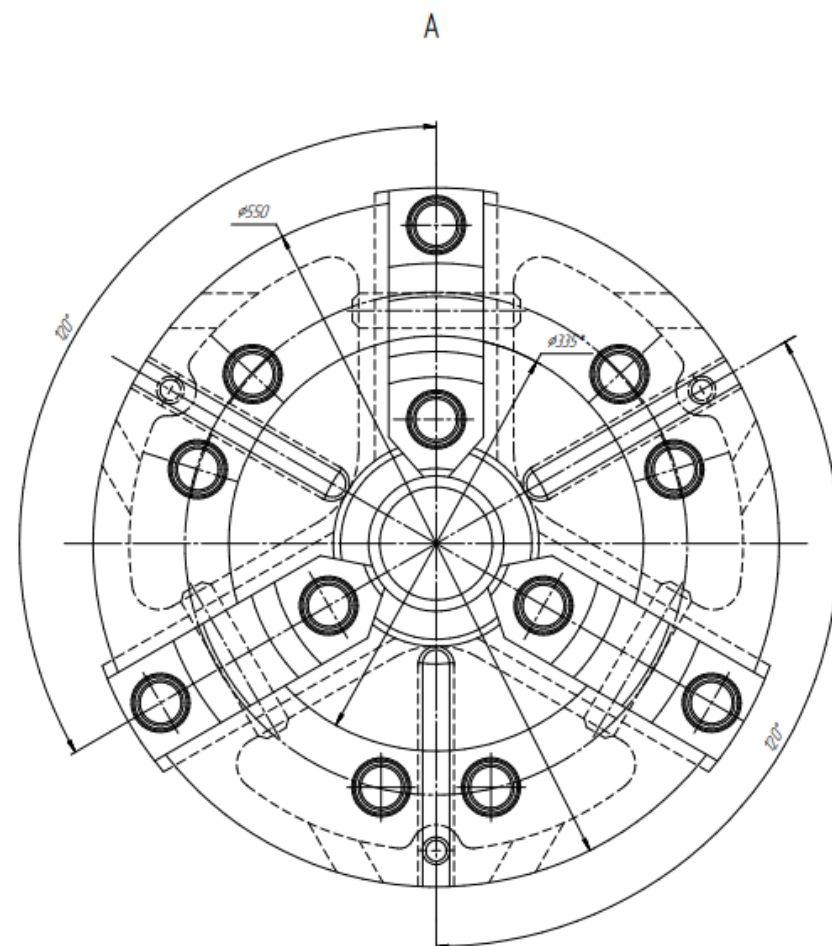
Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
					Документація			
A1				ЛП01.067244.003.13СК	Складальне креслення	1		
					Складальні одиниці			
		1		ЛП91.157244.003.70.01	Гільза	1		
		2		ЛП91.157244.003.70.02	Горловина	1		
						1		
					Деталі			
		3		ЛП91.157244.003.70.04	Шпонка	1		
		4		ЛП91.157244.003.70.05	Планка	1		
					Стандартні вироби			
		5			Болт М6-6d×16.48.06			
					ГОСТ 7798-70	2		
		6			Болт М10-6d×25.48.06			
					ГОСТ 6402-70	8		
		7			Гвинт В.М6-6d×16.14Н.06			
					ГОСТ 1476-84	2		
		8			Шайба 6.65 Г.05			
					ГОСТ 6402-70	2		
		9			Шайба 10.65 Г.05			
					ГОСТ 6402-70	8		
		10			Штифт 10×20 ГОСТ 3128-70	3		
				ЛП91.157244.003-70СК				
Ізм.	Лист	№ докум.		Підп.	Дата			
Розроб.		Цехмеіструк.						
Проб.		Гур'єва Л.Н.						
Н.контр.								
Утв.		Сокольський						
Корпус до модернізації						Лист	Лист	Листов
							1	2
НТУУ"КПІ",ІХФ								

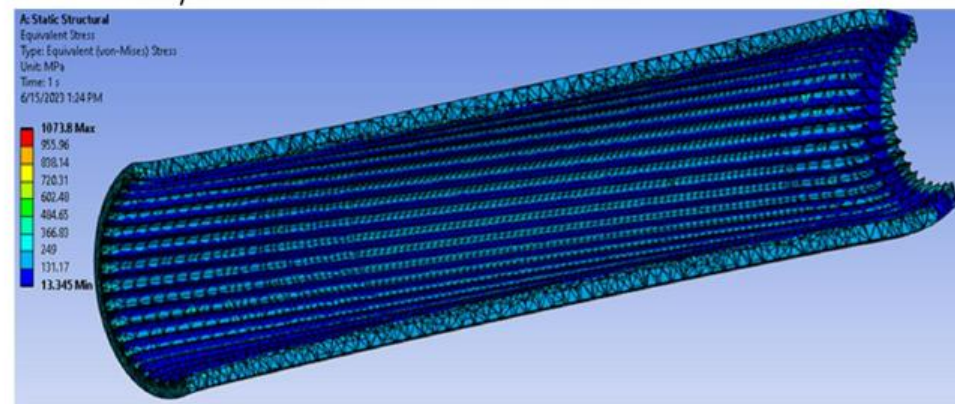
Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примеч.							
					Документація		
	A1			ЛП91.157244.004-70СК	Складальне креслення	1	
					Складальні одиниці		
		1		ЛП91.157244.004.70.01	Гільза	1	
		2		ЛП91.157244.004.70.02	Кожух	1	
		3		ЛП91.157244.004.70.03	Горловина	1	
Стор. №							
					Деталі		
		4		ЛП91.157244.004.70.04	Шпонка	1	
		5		ЛП91.157244.004.70.05	Планка	1	
					Стандартні вироби		
		6			Болт М6-6d×16.48.06 ГОСТ 7798-70	2	
		7			Болт М10-6d×25.48.06 ГОСТ 6402-70	8	
Взам. инв. №		8			Гвинт В.М6-6d×16.14Н.06 ГОСТ 1476-84	2	
		9			Шайба 6.65 Г.05 ГОСТ 6402-70	2	
		10			Шайба 10.65 Г.05 ГОСТ 6402-70	8	
		11			Штифт 10×20 ГОСТ 3128-70	3	
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							
Лист							

Формат		Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація		
A1				ЛП91.157244.005-70СК	Складальне креслення		
					Деталі		
		1		ЛП91.157244.005.01	Привід	1	
		2		ЛП91.157244.005.02	Перехідник	1	
		3		ЛП91.157244.005.03	Вузел обертовий	1	
		4		ЛП91.157244.005.04	Дорнотримач	1	
		5		ЛП91.157244.005.05	Матриця	1	
		6		ЛП91.157244.005.06	Торпеда	1	
		7		ЛП91.157244.005.07	Гайка перехідна	1	
		8		ЛП91.157244.005.08	Рама	1	
		9		ЛП91.157244.005.09	Гайка накідна	1	
					Стандартні вироби		
		10			Болт М6-6dх16.48.06		
					ГОСТ 7798-70	2	
		11			Шайба 6.65 Г.05		
					ГОСТ 6402-70	2	
		12			Болт М8-6dх16.48.06		
					ГОСТ 7798-70	4	
		13			Шайба 6.65 Г.05		
					ГОСТ 6402-70	4	
		14			Болт М10-6dх16.48.06		
					ГОСТ 7798-70	4	
				ЛП91.157244.005-70СК			
Ізм.		Лист		№ док-м.	Підп.	Дата	
Розроб.		Цехмейстерук					
Проб.		Гур'єва Л.Н.					
Н.контр.							
Чтб.		Сокольський					
Головка кільцева обертова						Лист	Лист
							Листов
							1
						НТУУ"КПІ"	
						ІХФ, ЛП-91	

[illegible]

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Стор. №						
				Документація		
	A1		ЛП91.157244.006.70СК	Складальне креслення	1	
				Складальні одиниці		
		1	ЛП91.157244.006.70.01	Корпус	1	
		2	ЛП91.157244.006.70.02	Кулачок	3	
		3	ЛП91.157244.006.70.02	Важіль	3	
	4	ЛП91.157244.006.70.04	Втулка	1		
			Стандартні вироби			
		5	ЛП91.157244.006.70.05	Гвинт М10х30		
				ГОСТ 11738-84	3	
		6	ЛП91.157244.006.70.06	Гвинт М20х40		
				ГОСТ 11738-84	3	
		7	ЛП91.157244.006.70.07	Гвинт М16х18		
				ГОСТ 11738-84	6	
						</

[illegible]



Модернізація черв'яка екструдера

Цехмейструк Є.С., студент., Гур'єва Л.Н. ас.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано модернізацію черв'яка екструдера, яка полягає у зміні конструкції: утворюється простір (кишеня), в який може входити формувальний матеріал. Кількість надходження формувального матеріалу за одиницю часу збільшується шляхом розширення внутрішнього простору, що в свою чергу призводить до збільшення кількості екструзії. Цей винахід дозволяє збільшити кількість подачі формувального матеріалу в екструдер, не збільшуючи сам екструдер.

Вступ. В Україні спостерігається значний зріст виробництва термопластичних синтетичних полімерів, що потребує вдосконалення технологій їх переробки у різноманітні вироби. Одним з ключових обладнань, яке широко використовується в цій галузі, є екструдер, з основним елементом – черв'яком. Черв'як використовується для змішування полімерів з наповнювачами та іншими компонентами, тобто для приготування полімерних сумішей і проковтування їх через формуючу головку [1].

Проте, конструкція цього пристрою все ще потребує покращення. Існує потреба у збільшенні продуктивності екструдера за одиницю часу. Зі збільшенням кількості формувального матеріалу, що подається в циліндр за одиницю часу, збільшується і продуктивність. Збільшення внутрішнього діаметра циліндра збільшить подачу, але збільшить розмір екструдера, вимагаючи більше місця для установки і збільшуючи вартість виготовлення екструдера [2].

За даною метою було проведено патентний пошук серед переглянутих патентів було обрано найбільш раціональний. Для модернізації було обрано патент [3]. В даному патенті за рахунок розширення внутрішнього простору збільшується кількість надходження формувального матеріалу за одиницю часу, і, як наслідок, збільшується кількість екструзії. Згідно з цим винаходом, кількість подачі формувального матеріалу в екструдер може бути збільшена без збільшення екструдера.

Модернізація екструдера відіграє важливу роль у розвитку термопластичної промисловості в Україні, забезпечуючи покращену продуктивність, якість та ефективність виробництва синтетичних полімерів і сприяючи розвитку інноваційних технологій у цій галузі.

Формувальний матеріал, що подається в бункері 14 (рис. 1), падає в комунікаційний отвір 16а опорного елемента 16 і перетікає у внутрішній простір циліндра 10 через отвір 22а для подачі матеріалу.

Формувальний матеріал, що потрапив всередину, рухається вниз за течією при обертанні гвинта 12. У цей час формувальний матеріал розплавляється за рахунок тепла від внутрішньої поверхні стінки циліндра 10 (тобто нагрівання нагрівачем 26) і теплоти зсуву, що утворюється при зсуві гвинтом 12. Як показано на фіг. розплавлений формувальний матеріал видавлюється з екструзійного отвору 20а.

Відповідно до вищеописаного варіанту, модернізований екструдер, що має приблизно такий самий розмір, як і звичайний екструдер, може досягти більшої продуктивності. І навпаки, представлений екструдер, який є меншим за звичайний екструдер, може досягати такої ж швидкості екструзії, як і звичайний екструдер.

Додатково, розширення внутрішнього простору екструдера забезпечує кращу терморегуляцію процесу. Це означає, що розплавлений полімерний матеріал може бути ефективно охолоджений, що сприяє отриманню виробів з більш однорідною структурою та кращими механічними властивостями.

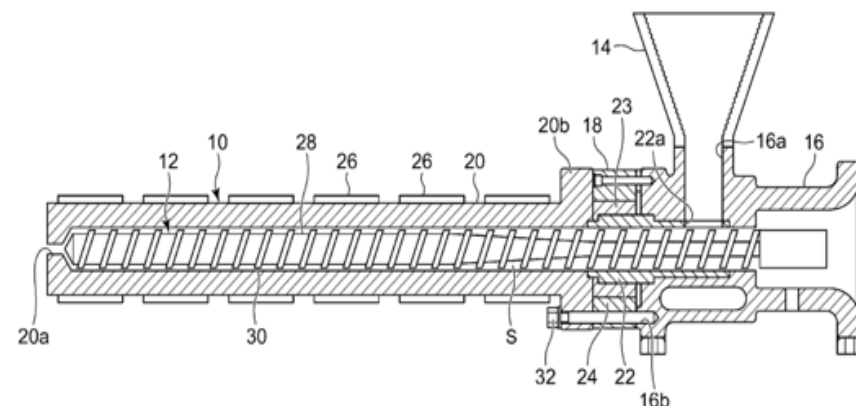


Рисунок 1 – Модернізований черв'як екструдера: 10 – циліндр, 12 – шнек, 14 – бункер, 16 – опорний елемент, 16а – зона завантаження, 16б – гвинтовий отвір, 18 – циліндр, 20 – циліндр, 20а – екструзійний отвір, 20б – фланець, 22 – корпус, 22а – отвір, 23 – охолоджувальний елемент, 24 – кришка, 26 – нагрівачі, 28 – вал, 30 – гвинтова нарізка, 32 – болт, S – внутрішній простір

Висновки. Таким чином запропонована модернізація пропонує раціональний підхід до покращення продуктивності екструдера. За допомогою розширення внутрішнього простору екструдера, можливо збільшити кількість надходження формувального матеріалу за одиницю часу, що призводить до збільшення кількості екструзії. Це означає, що продуктивність екструдера може бути підвищена без необхідності збільшення його розмірів та вартості виготовлення.

Перелік посилань

1. Черв'ячний прес. Доступ з екрану: <https://proplast.ru/articles/chervyachnyy-press/>
2. Черв'ячний прес: Принцип роботи. Особливості використання. Доступ з екрану: <https://studfile.net/preview/9068314/page/6/>
3. Черв'ячний екструдер патент WO2022163685A1JP „МПК B29C48/685; B29C48/685 (EP)/ Sumitomo heavy ind modern ltd [JP]. опубл. 2022-01-26.