

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра _____ мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

(підпис) Блаженко С.І.
(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Соколенко А.І.
(прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності _____ 131 Прикладна механіка
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми _____ машини і ресурсозберігаючі
_____ технології переробки упаковки
на тему: Модернізація екструдера для виготовлення двошарової плівки
продуктивністю 500 кг/год

Виконав: здобувач 4 курсу, групи 15

_____ Сідина Дмитро Олександрович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Костюк Володимир Степанович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2020 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма машини і ресурсозберігаючі
(назва)
технології переробки упаковки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПТ

Соколенко А.І.

“8” 04 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сідини Дмитра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація екструдера для виготовлення двошарової плівки продуктивністю 500 кг/год

керівник роботи Костюк Володимир Степанович, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “08” 04 2020 року №260-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 29.05.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Екструдер для виготовлення двошарової плівки

Вид матеріалу – вторинні полімерні матеріали

Вид пакувального матеріалу – поліетелен.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Анотація. Вступ. Літературний огляд. Техніко економічне і соціальне обґрунтування. Розрахункова частина. Розробка технологічного процесу та розрахунки технологічних операцій деталі типу шестерня. Монтаж експлуатація та ремонт машини. Охорона праці. Висновок. Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1 – Лinia для виробництва двошарової плівки.

Лист 2 – Екструдер.

Лист 3 – Вузли.

Лист 4 – Головка екструдера.

Лист 5 – Технічний маршрут виготовлення деталі «Шестерня».

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____ 08.04.2020 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ.	9.04.2020	
2.	Літературний огляд.	11.04.2020	
3.	Техніко-економічне обґрунтування. Опис пропозиції.	14.04.2020	
4.	Розрахункова частина	17.04.2020	
5.	Розробка технологічного процесу та розрахунки технологічних операцій деталі типу шестерня.	20.04.2020	
6.	Лист 1. Лінія для виробництва двошарової плівки.	24.04.2020	
7.	Лист 2. Екструдер.	29.04.2020	
8.	Лист 3. Вузли.	3.05.2020	
9.	Лист 4. Головка екструдера.	9.05.2020	
10.	Лист 5. Технічний маршрут виготовлення деталі «Шестерня».	12.05.2020	
11.	Монтаж, експлуатація та ремонт машини.	18.05.2020	
12.	Охорона праці.	24.05.2020	
13.	Висновки.	25.05.2020	
14.	Список використаної літератури. Додатки.	27.05.2020	

Здобувач

_____ (підпис)

Сідина Д.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Костюк В.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

Анотація.....	2
Вступ.....	3
1. Літературний огляд процесу екструзії.....	6
1.1. Екструзія.....	6
1.2. Класифікація виробництва, вибір і обґрунтування способу переробки і технологічного процесу.....	9
1.3. Характеристика вихідних матеріалів і готової продукції.....	10
2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.....	14
3. Розрахункова частина.....	15
3.1. Червяк	15
3.2. Визначення коефіцієнта геометричної форми головки.....	17
3.3. Продуктивність машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки.....	21
3.4. Визначення перепаду тиску в формуючій головці.....	24
3.5. Розрахунок потужності привода.....	28
3.6. Розрахунок черв'яка на міцність.....	32
3.7. Розрахунок корпусу на міцність.....	36
3.8. Розрахунок шліцьового з'єднання.....	41
3.9. Розрахунок черв'яка на втомлюваність.....	42
3.10. Розрахунок міцності болтів.....	44
4. Розробка технологічного процесу та розрахунки технологічних операцій виготовлення деталі типу «шестерня».....	47
5. Монтаж, експлуатація, обслуговування та ремонт машини.....	58
6. Охорона праці.....	64
Висновок.....	77
Список літератури.....	78

					ДП.75.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст					
Розроб.		Сідина Д.О.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Костюк В.С.						1	1	
Реценз.								НУХТ ПУ 4-15		
Н. Контр.										
Затверд.										

Анотації

Тема дипломного проекту модернізація екструдера для виготовлення двошарової плівки продуктивністю 500 кг/год.

Метою модернізації було розроблення нової конструкції екструдера для виготовлення двошарової плівки, який має низькі економічні витрати, ефективний в експлуатації і зручний в обслуговуванні. Поставлена задача досягнута за рахунок встановлення другого екструдера, перший екструдер виготовляє внутрішній шар плівки з первинного матеріалу, а другий екструдер виготовляє зовнішній шар плівки з вторинного матеріалу.

Модернізацією передбачено можливість використання для зовнішнього шару плівки, вторинних полімерних матеріалів, які можуть мати різні кольори і інші ніж первинний матеріал властивості.

Пояснювальна записка представлена на 80 аркуші формату А4 машинописного тексту, яка включає 2 рисунків, 7 таблиць, 7 розділів. В записці виконано аналіз існуючих екструдерів для виготовлення плівок, описані їх переваги і недоліки, обґрунтована доцільність нової розробки, також представлені матеріали по конструктивному виконанню машини, а також зроблені всі необхідні конструкторські розрахунки. Також представлені розділи по монтажу, налагоджуванню і обслуговуванню, а також опис технологічного процесу виготовлення деталі типу «шестерня» і розділ охорона праці.

Графічна частина складається з 6 листів формату А1: 1-й лист – лінія для виготовлення двошарової плівки; 2-й лист – загальний вигляд екструдера; 3-й лист – вузли; 4-й лист – головка екструдера; 5-й лист – розрізи головки; 6-й лист – операційні ескізи виготовлення деталі типу шестерня.

Ключові слова: екструдер, головка, шнек, плівка.

					ДП.75.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Анотація</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Сідина Д.О.						78
<i>Перевір.</i>		Костюк В.С.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								НУХТ ПУ 4-15

Вступ

В наш час зростає виробництво пластмас і поширення їх в усіх галузях народного господарства. Майже третина усіх полімерів у світі переробляються методом екструзії. Екструзійні методи переробки набувають все більшого поширення. Це обумовлено їх перевагами такими як: неперервність виробництва, велика одинична потужність, висока технологічність при низькому рівні технологічних відходів, можливість автоматизації процесу і створення замкнених циклів, керованих за допомогою ЕОМ [1].

Ринок упаковки в Україні на сьогоднішній день один з найбільш швидкозростаючих. Розвиток виробництва, поява імпортних виробників, поступовий перехід на західні стандарти пакування й транспортування диктує необхідність використання нових матеріалів. Наявність відставання в споживанні цієї продукції є показником значного потенціалу зростання цього ринку. Заміщення звичайних плівок стретчем в значних масштабах не відбувається. Це пов'язано з низькою ціною вітчизняної сировини, що робить плівку у 1,5 рази дешевшою за стретч, сировину для якого в нас ще не виробляють. На європейському ринку поступово проходить концентрація виробників плівки, що дозволяє їм за рахунок зниження витрат пропонувати клієнтам більш вигідніші умови, поступово витісняючи дрібних виробників.

В Україні, поки що, велика кількість дрібних виробників. Останнім часом спостерігається їх зростання, що пов'язано з розповсюдженням дешевого обладнання з Азії. Однак по відношенню «ціна - якість» ця плівка не може конкурувати з плівкою, виробленою на великих підприємствах або з імпортною.

					ДП.75.ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Літ.</i>	<i>№ доку</i>	<i>З Н</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		
<i>Розроб.</i>		Сідина Д.О.				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		Костюк В.С.					<i>Акрушіє</i>
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							
<i>Вступ</i>							
							3
						<i>НУХТ ПУ 4-15</i>	

Це свідчить про великий попит на сільськогосподарську плівку. Найбільшими потенціальними споживачами якої є країни Східної Європи, до якої відноситься і Україна.

Все це засвітлює актуальність даного проекту і дає гарні перспективи для розвитку цього напрямку виробництва

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Літературний огляд процесу екструзії

1.1 Екструзія полімерних плівок

На ділянці що вдосконалюється , буде вироблятися плівка з поліетилену високого тиску для використання в побуті та сільському господарстві. Плівку найчастіше виробляють такими методами:

- екструзія розплаву полімеру;
- каландрування розплаву полімеру.

Вони є найбільш поширеними методами переробки пластмас у виробі. Усі термопласти які мають яскраво виражені області плавлення і достатню високу в'язкість можуть бути перероблені на каландрі [2]. Найбільш часто каландруванням переробляють не пластифікований та пластифікований ПВХ, а також співполімери вінілхлорида. Головною причиною такого положення є те , що жоден інший метод не дозволяє досягти такої високої рентабельності при виготовленні плівки з ПВХ.

Внаслідок неперервності процесу екструзія є найпрогресивнішим і найперспективнішим методом переробки пластмас. Існує два основних способи екструзії плівок, які відрізняються формувальним елементом – екструзійною головкою. Коли для екструзії використовується плоско щілинна головка, одержують плоску плівку. При використанні головки з кільцевою щілиною отримують рукавну плівку. Причому, в другому випадку використовується кільцева головка (формуючий інструмент), яка дозволяє виготовляти плівки з однорідними механічними властивостями як в повздовжньому, так і в поперечному напрямку.

У першому випадку використовується плоскощілинна головка, яка дозволяє одержати плівку з яскраво вираженою повздовжньою орієнтацією, нерівномірними механічними та високими оптичними властивостями.

					ДП.75.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сідина Д.О.</i>			<i>Аналітичний огляд процесу екструзії</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Костюк В.С.</i>					6	8
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ПУ 4-15</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Обидві ці технологічні рішення мають свої переваги та недоліки [3].

Спосіб екструзії полімерного рукава з роздувом вигідно відрізняється простотою і економічністю при виробництві з різних термопластів широкого асортименту плівок шириною 50-24000 мм, завтовшки 0,005-0,5 мм. Основні освоєні промисловістю схеми виробництва рукавної плівки показані на рис.1.1 [4].

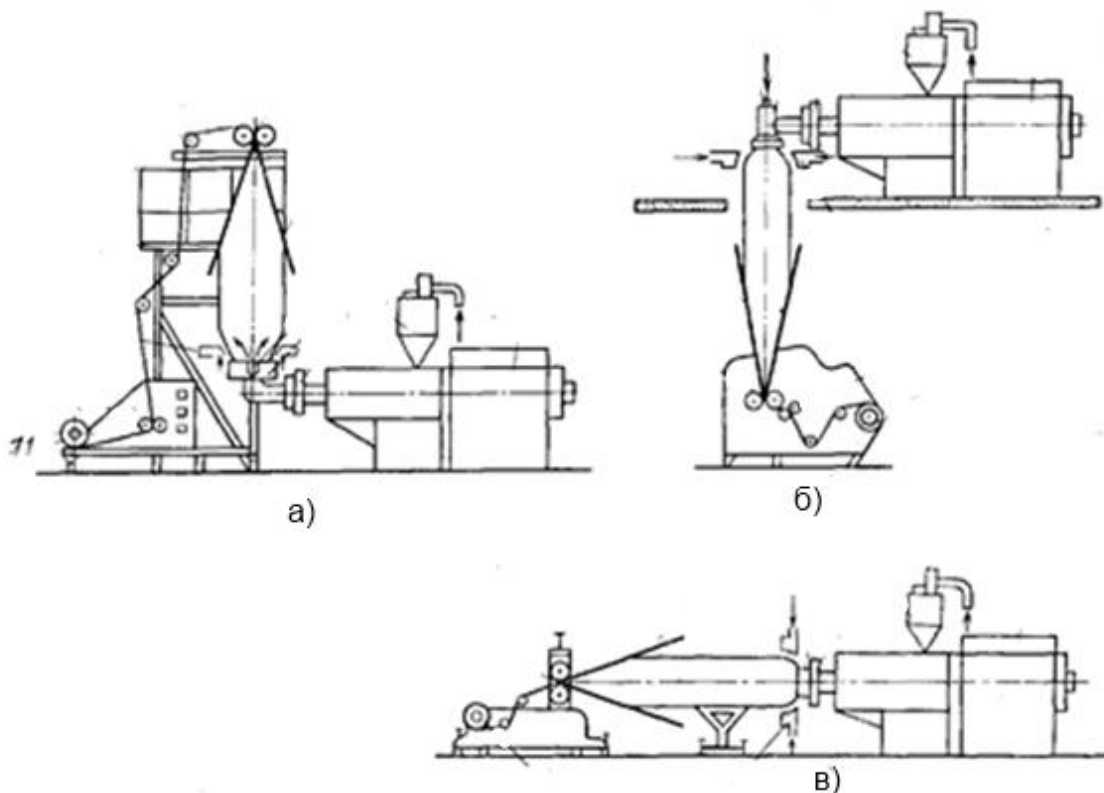


Рис.1.1. - Основні схеми отримання рукавної плівки:

а) з роздувом вгору; б) з роздувом вниз; в) з горизонтальним роздувом;

Спосіб виробництва рукавної плівки за схемою знизу - вгору (рис. 1, а) застосовують при виготовленні плівок будь-якої ширини. Схема виробництва згори - вниз (рис. 1, б) раціональна для виробництва вузьких, тонких плівок, бо рукав може обірватися на ділянці, де полімер знаходиться у високоеластичному стані. Цей метод найчастіше використовується для переробки поліпропілену і отримання виробів медичного призначення в гігієнічно чистих умовах. Недоліком перших двох схем є поворот течії

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

розплаву при вході в кутову головку, що викликає небезпеку перегріву і термодеструкції полімеру. Горизонтальний прийом рукава (рис. 1, в) представляє інтерес при виготовленні, наприклад, товстих газонаповнених (спінених) плівок, мішків, де ступінь роздуву невелика, а товщина плівки перевищує 200 мкм. Цим методом отримують плівки з термонеустабільних полімерів.

Для підготовки розплаву при виробництві рукавних і інших плівок екструзією можна використовувати наступні види екструдерів: черв'ячні преси, дискові екструдери, комбіновані черв'ячно-дискові і дисково-черв'ячні екструдери, каскадні екструдери.

При формуванні плівкового рукава полімер у в'язкотекучому стані знаходиться під дією розтягуючих зусиль в подовжньому і поперечному напрямках. Це сприяє впорядкуванню ланцюгів макромолекул і виникненню надмолекулярних утворень відносно напрямів витягу, відбувається перехід полімеру в орієнтований стан. Але оскільки температура розплаву в процесі формування вище точки плавлення кристалів, то полімер легко розтягується, і міра орієнтації молекул виявляється незначною. Молекули прослизують одна по іншій без необхідного розпрямлення. Проте певна міра орієнтації в застиглому полімері залишається, що позначається на фізико-механічних властивостях готової плівки. Змінюючи міру подовжнього і поперечного витягу, а також умови охолодження, можна регулювати анізотропію властивостей плівки, покращувати окремі її характеристики.

Незважаючи на велике число видів полімерних плівок, кожна з них володіє тільки двома - трьома яскраво вираженими властивостями, які визначають вибір методу переробки та сферу їх застосування. Так, наприклад, плівка сільськогосподарського призначення повинна мати високі механічні властивості в усіх напрямках, що вимагає для її виробництва використання методу екструзії з роздувом.

Внаслідок безперервності процесу екструзія є найпрогресивнішим і найперспективнішим методом переробки пластмас, який потребує

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найменших енергетичних та матеріальних витрат, може бути повністю автоматизований і керуватися за допомогою ЕОМ. Порівняно простою справою є створення безвідходної (замкненої) лінії виробництва екструзійних виробів [1].

Вибрано використовувати для виробництва плівки екструзію з роздувом рукава вгору. Оскільки цей методом дозволяє виробляти плівку з високими механічними властивостями, які потрібні для сільськогосподарських плівок, а також є найпростішим, високо продуктивним і економічним.

1.2. Класифікація виробництва, вибір і обґрунтування способу переробки і технологічного процесу.

Існує багато різноманітних методів переробки полімерних матеріалів, головними з яких є пресування, лиття під тиском, екструзія, пневмо- і вакуумформування. Вибір методу переробки здійснюється з урахуванням конфігурації виробу та матеріалу з якого виріб виготовляють [1].

Взагалі плівку виготовляють з поліетилену, поліпропілену, пластифікованого ПВХ, полівініліденхлориду, полістиролу, співполімерів етилена з вінілацетатом, поліетилентерефталату, поліаміду.

Поліетилен відноситься до термопластів технічного призначення. Він характеризується відносно невеликою ціною, технологічністю при переробці, морозостійкій, має високу хімічну стійкість.

Для виготовлення полімерних плівок використовуються такі методи:

- екструзія розплаву полімеру;
- каландрування розплаву полімеру;
- поливання розчину полімеру або форполімера на поліровану металеву стрічку яка рухається;
- поливання дисперсії полімеру на поліровану поверхню;

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- методом пресування.

Найбільш поширені перші три метода.

Одержання плівок рукавним методом є найпростішим, високо продуктивним і економічним.

Внаслідок безперервності процесу екструзія є найпрогресивнішим і найперспективнішим методом переробки пластмас, який потребує найменших енерго- та матеріальних витрат, може бути повністю автоматизований і керуватися за допомогою ЕОМ. Порівняно простою справою є створення безвідходної (замкненої) лінії виробництва екструзійних виробів.

Технологічний процес виробництва плівки екструзію з роздувом рукава вгору дозволяє виробляти плівку з високими механічними властивостями, а також є найпростішим, високо продуктивним і економічним, дозволяє отримувати плівку в широкому діапазоні товщини та ширини.

1.3. Характеристика вихідних матеріалів і готової продукції

В якості сировини на підприємстві по виробництву рукавної плівки передбачається використовувати ПЕВТ. Його отримують полімеризацією етилену .

Полімери і співполімери етилену становлять понад третину всіх пластмас, що виробляє світова промисловість. 60% цієї кількості припадає на ПЕВТ, який одержується радикальною полімеризацією. Решту поліетилену одержують при низькому тиску координаційною полімеризацією в присутності катализаторів Циглера-Натта. Поліетилен, одержаний таким способом, називається поліетиленом низького тиску (ПЕНТ). Незважаючи на тенденцію збільшення частки ПЕНТ у виробництві поліетилену, радикальний ПЕВТ згідно з прогнозами, все ж збереже перевагу протягом найближчих років.

							ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

ПЕВТ – термопластичний, насичений полімерний вуглеводень, молекули якого складаються з етиленових ланцюгів. Він не змочується водою та іншими полярними рідинами. При кімнатній температурі він не розчиняється в органічних розчинниках. Лише при підвищенні температури спочатку набрякає, а потім розчиняється в ароматичних і хлорованих вуглеводнях [5].

Кращими розчинниками являються ксилол, декалін, тетралін. При охолодженні розчинів ПЕ випадає у вигляді порошку.

Мастила, жири, керосин та інші нафтові вуглеводні майже не впливають на нього. Він стійкий до дії водних розчинів кислот, лугів і солей, але при температурі вище за 60°C сірчана та азотна кислоти швидко його руйнують.

Поліетилен окислюється повітрям під впливом нагрівання і сонячного випромінювання, які призводять до погіршення фізико-механічних і діелектричних властивостей, це в значній мірі попереджається введенням стабілізаторів. Механічні показники ПЕ зростають із збільшенням густини і молекулярної маси. Існує межа, після досягнення якої ця залежність зменшується. Бажано збільшувати молекулярну масу до визначеної межі, вище якої міцність практично не зростає, а переробка ускладнюється. ПЕ стійкий до ударних навантажень, має невелику теплопровідність і великий коефіцієнт термічного розширення.

Поліетилен – кристалічний полімер: при температурі приблизно 20°C ступінь кристалічності полімеру сягає 50 – 90 % (в залежності від методу отримання). Промислові зразки ПЕВТ мають 15 – 25 груп CH_3 на 1000 вуглецю. Ступінь кристалічності полімеру з підвищенням температури зменшується [6].

За електричними властивостями ПЕ, як неполярний полімер, відноситься до високоякісних діелектриків.

ПЕВТ випускають в чистому вигляді (базові марки) і у вигляді композицій із стабілізаторами, барвниками та іншими додатками. Полімер випускається у вигляді білого порошку або гранул з насипною густиною 500

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

– 550 кг/м³. В одній партії матеріалу форма гранул повинна бути однаковою, а їхні розміри максимально наближені, тобто матеріал повинен бути однорідним. Для екструзії розмір гранул полімеру повинен перебувати в межах 2 – 5 мм. Гранули поліетилену можуть бути природного білого кольору і підфарбовані в різні кольори. Рецептатура стабілізатора підбирається в залежності від умов експлуатації поліетилену. Застосовують термостабілізатори і світлостабілізатори для запобігання старіння поліетилену під впливом атмосферних умов, деяких підвищених температур при переробці і в процесі експлуатації.

Фарбується поліетилен теплостійкими і світлостійкими органічними та мінеральними барвниками, які добре сумісні з полімером.

Поліетилен має високу теплостійкість. Показники теплофізичних властивостей ПЕВТ наведені в табл. 1.1 [7].

Таблиця 1.1. - Теплофізичні властивості ПЕВТ

Температура плавлення, °К	378-381
Питома теплоємність, кДж/кг*°К	0,5-0,68
Теплостійкість, °К	353-373
Коефіцієнт термічного розширення від 0 до 100 °С, град ⁻¹	2,2*10 ⁻⁴ – 5,5*10 ⁻⁴
Морозостійкість (температура крихкості), °К	нижче 203

Робоча температура експлуатації виробів з поліетилену нижча температури плавлення полімеру і залежить від тиску, тривалості навантаження, середовища та інших умов.

Механічні властивості поліетилену у воді при 20 °С протягом року практично не змінюються. Поліетилен транспортують усіма видами транспорту відповідно до правил перевезення вантажів, що діє в даному виді

							ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Розділ 2. Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.

З розвитком промисловості підприємства все більше відчують потребу в спеціалізованій переробній техніці, що дає змогу відповідати продуктивності на виході виробничих ліній.

У даному дипломному проекті знайдено рішення по модернізації екструдера для виготовлення двохшарової плівки продуктивністю 500 кг/год, що дає змогу економити ресурси при виготовленні двохшарової плівки.

При модернізації даної машини була розроблена наступна схема машини: один екструдер виготовляє внутрішній шар з первинного матеріалу, а зовнішній шар виготовляється з вторинного матеріалу на іншому екструдері.

Така схема забезпечує невеликі енерговитрати, що зменшить вартість обслуговування та експлуатації обладнання, а дозволить зменшити ціну на плівку завдяки тому що 1 шар буде виготовлятися з вторинного матеріалу.

Таким чином модернізована машина буде виконувати задані функції і забезпечуватиме задану продуктивність 500 кг/год.

Сучасна система автоматики дозволить зменшити кількість обслуговуючого персоналу, що також впливає на ціну плівки що виготовляється

					ДП.75.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сідина Д.О.			Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Костюк В.С.					1	1
Реценз.						НУХТ ПУ 4-15		
Н. Контр.								
Затверд.								

3. Розрахункова частина

3.1 Черв'як.

Черв'як є основним вузлом черв'ячної машини и призначений для транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної воронки до формуючої головки, а також для ретельного перемішування и витискування з головки.

Діаметр черв'яка є основним параметром, що характеризує продуктивність черв'ячної машини.

Крок профілю – відстань між однойменними сторонами двох сусідніх витків, виміряний в напрямку осі черв'яка:

$$t = (0.7 \div 1.2) \cdot D = 1 \cdot 90 = 90 \text{ мм}, \quad (1-1)$$

Для переробки поліетилену вибираємо черв'як однозаходний.

Кут підйому гвинтової лінії обумовлює продуктивність і тиск усередині корпусу:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{90}{3.14 \cdot 90} = 17.65^\circ; \quad (1-2)$$

Товщина гребеня черв'яка для одночервячних машин:

$$e = (0.08 \div 0.12) \cdot D = 0.1 \cdot 90 = 9 \text{ мм}; \quad (1-3)$$

Зазор між черв'яком і гільзою становить:

$$\delta = (0.002 \div 0.003) \cdot D = 0.003 \cdot 90 = 0.27 \text{ мм}; \quad (1-4)$$

Найбільш часто вживаний профіль нарізки характеризується наявністю радіусів закруглення:

$$R = (0.12 \cdot 0.18) \cdot D = 0.15 \cdot 90 = 13.5 \text{ мм}; \quad (1-5),$$

$$r = (0.06 \cdot 0.12) \cdot D = 0.08 \cdot 90 = 7.2 \text{ мм} \quad (1-6)$$

					ДП.75.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сідина Д.О.			Розрахункова частина	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Костюк В.С.					15	78
Реценз.						НУХТ ПУ 4-15		
Н. Контр.								
Затверд.								

$$L_{cm} = L_{роб} - L_{доз} - L_{зав} = 1620 - 360 - 225 = 1035 \text{ мм} \quad (1-15)$$

Довжина евольвентного зачеплення приймається: $L_{ев} = 300 \text{ мм}$.

Довжина відбійної частини приймається:

$$L_{відб} = (0.1 \div 0.5) \cdot D = 0.5 \cdot 90 = 45 \text{ мм} \quad (1-16)$$

Загальна довжина черв'яка складає:

$$L = L_{роб} + L_{ев} + L_{відб} + L_{торн};$$

$$L = 1620 + 300 + 45 + 72 = 2037 \text{ мм} \quad (1-17)$$

3.2 Визначення коефіцієнта геометричної форми головки.

Можемо розглянути аналітичний метод, з допомогою якого можемо визначити коефіцієнт геометричної форми головки екструзії для отримання рукавної плівки з поліетилену.

Такий метод виходить з пропозиції, що коефіцієнт K – величина постійна і цим виключаються зміни температури: тимчасові або місцеві, а також, зміни в'язкості в залежності від напруги зсуву, одночасно передбачається, що протягом розплаву є стаціонарними і ламінарними. Швидкість течії розплаву низька та інерційні сили в протилежність силам в'язкості не береться до уваги. Число Рейнольдса 2000 характеризує потік. Далі, розплавом «змочуються» внутрішні стінки головки так, що зовнішня оболонка потоку маси прилипає до стінок і швидкість течії на стінці дорівнює нулю.

Весь цей шлях, який проходить розплав через канал головки можемо розбити на декілька більш простих складових і виконати розрахунок.

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.Круглий циліндричний канал:

$$K_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L}, \quad (2-1)$$

де d - є діаметром круглого циліндричного каналу,
L - є довжиною круглого циліндричного каналу.

$$K_1 = \frac{3.14 \cdot 3.6^4}{128 \cdot 2.4} = 1.71 \text{ см}^3.$$

2. Круглий циліндричний канал (у данній головці таких каналів п'ять – канали по яким розплав надходить в гвинтову нарізку дорна головки):

$$K_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d^4}{128 \cdot L}, \quad (2-2)$$

де d - діаметр круглого циліндричного каналу,
L - довжина круглого циліндричного каналу.

$$K_{\text{ц}} = \frac{3.14 \cdot 1.2^4}{128 \cdot 12.4} = 4.1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3.$$

Так як каналів п'ять, то:

$$K_2 = K_{\text{ц}} \cdot 5 = 4.1 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 0.02 \text{ см}^3.$$

3. Конічний круглий з великим діаметром на вході маси полімеру (гвинтова нарізка складається також з п'яти каналів):

$$K_{\text{к}} = \frac{3 \cdot \pi \cdot D^3 \cdot d^3}{128 \cdot L \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2)}, \quad (2-3)$$

де D - діаметр основи конуса на вході маси,

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

d - діаметр вершини конуса на виході маси,

L - довжина кінцевого каналу.

$$L = \pi \cdot D_0,$$

де D_0 - діаметр нарізки гвинтового каналу.

$$L = 3.14 \cdot 28.8 = 90.47 \text{ см},$$

$$K_3 = \frac{3 \cdot 3.14 \cdot 2^3 \cdot 0.4^3}{128 \cdot 90.47 \cdot (2^2 + 2 \cdot 0.4 + 0.4^2)} = 8.4 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3.$$

Так як каналів п'ять, то:

$$K_3 = K_k \cdot 5 = 8.4 \cdot 10^{-5} \cdot 5 = 4.2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3.$$

4. Круглий кільцевий канал:

$$K_{kk} = \frac{\pi}{8 \cdot L} \cdot \left[R_H^4 - R_B^4 - \frac{(R_H^2 - R_B^2)^2}{2.3 \cdot 1g \frac{R_B}{R_H}} \right], \quad (2-4)$$

де R_3 - зовнішній радіус кільцевого каналу,

R_B - внутрішній радіус кільцевого каналу,

L - довжина кільцевого каналу.

$$K_4 = \frac{3.14}{8 \cdot 5.6} \cdot \left[14.8^4 - 14.4^4 - \frac{(14.8^2 - 14.4^2)^2}{2.3 \cdot 1g \frac{14.4}{14.8}} \right] = 697.54 \text{ см}^3.$$

5. Конічний кільцевий канал з кінчною щилиною:

$$K_{kk} = \frac{\pi(R_0 \cdot \delta_2 - R_1 \cdot \delta_1)}{6 \cdot L \cdot m}; \quad (2-5)$$

					ДП.75.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$K = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6}}, \quad (2-8)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1.71} + \frac{1}{0.02} + \frac{1}{4.2 \cdot 10^{-4}} + \frac{1}{697.54} + \frac{1}{0.46} + \frac{1}{553.6}} = 0.42 \text{ см}^3.$$

3.3 Продуктивність машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки.

Робочий процес черв'ячної машини в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів черв'яка та процесів, що протікають в його каналах, але також від геометрії, конфігурації головки черв'ячної машини, та її профілюючих елементів.

Об'ємна продуктивність потоку в'язких рідин через головку на передній частині черв'ячної машини прямо пропорційно падінню тиску ΔP і назад пропорційно в'язкості маси μ :

$$Q = K \cdot \frac{\Delta P}{\mu}. \quad (3-1)$$

Також рівняння продуктивності можна уявити у вигляді рівняння:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K}{K + \beta + \gamma} \cdot n, \quad (3-2)$$

де K - коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометричної головки- коефіцієнт геометричної форми головки;

n - число обертів черв'яка в хвилину;

α - постійна прямого потоку для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

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

β - постійна зворотного потоку для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

$$\beta = \frac{\pi \cdot t - (t - \lambda \cdot e)}{12 \cdot L_3 \cdot (a + t^2 \cdot b)}, \quad (3-4)$$

γ - постійна потоку витоків для черв'яка зі змінною глибиною гвинтового каналу:

$$\gamma = \frac{\pi \cdot D \cdot \delta^3 \cdot t^2}{10 \cdot e \cdot L \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}}, \quad (3-5)$$

де σ - коефіцієнт, що залежить від геометричних розмірів черв'яка:

$$\sigma = 1 - \frac{6.9 \cdot D}{2 \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_2} + \frac{D^2}{2 \cdot h_1 \cdot h_2}, \quad (3-6)$$

a - коефіцієнт, який розраховується за формулою:

$$a = \frac{\pi^2}{h_1 \cdot h_2} \cdot \left(\frac{D \cdot (h_1 + h_2)}{2 \cdot h_1 \cdot h_2} - 1 \right), \quad (3-7)$$

b - коефіцієнт, який розраховується за формулою:

$$b = \frac{2.3}{(h_1 - h_2) \cdot D^3} \cdot \lg \frac{h_1 \cdot (D + d_2)}{h_2 \cdot (D + d_1)} + \frac{2 \cdot h_1 \cdot h_2 + (h_1 - h_2) \cdot D}{2 \cdot D^2 \cdot h_1^2 \cdot h_2^2}, \quad (3-8)$$

де h - глибина гвинтового каналу в зоні завантаження,

h_1 - глибина гвинтового каналу на початку зони дозування,

h_2 - глибина гвинтового каналу на кінці черв'яка,

L - довжина зони дозування,

D - зовнішній діаметр черв'яка,

d_1 - діаметр сердечника в зоні дозування,

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка,

e - ширина гребеня витка черв'яка,

δ - зазор між черв'яком и гільзою.

Підставивши у вище приведені рівняння значення величин, порахуємо значення продуктивності черв'ячної машини по зоні дозування з урахуванням впливу головки:

$$a = \frac{3.14^2}{0.41 \cdot 0.38} \cdot \left(\frac{6.3 \cdot (0.41 + 0.38)}{2 \cdot 0.41 \cdot 0.38} - 1 \right) = 948.47,$$

$$b = \frac{2.3}{(0.41 - 0.38) \cdot 6.3^3} \cdot \lg \frac{0.41 \cdot (6.3 + 5.54)}{0.38 \cdot (6.3 + 5.46)} + \frac{2 \cdot 0.41 \cdot 0.38 + (0.41 - 0.38) \cdot 6.3}{2 \cdot 6.3^2 \cdot 0.41^2 \cdot 0.38^2} = 2.75,$$

$$\sigma = 1 - \frac{6.9 \cdot 6.3}{2 \cdot (0.41 - 0.38)} \cdot \lg \frac{0.41}{0.38} + \frac{6.3^2}{2 \cdot 0.41 \cdot 0.38} = 104.39$$

$$\alpha = \frac{3.14^3 \cdot (6.3 - 1 \cdot 0.63) \cdot 104.39}{948.47 + 6.3^2 \cdot 2.75} = 19.29 \text{ см}^3,$$

$$\beta = \frac{3.14 \cdot 6.3 - (6.3 - 1 \cdot 0.63)}{12 \cdot 25.2 \cdot (948.47 + 6.3^2 \cdot 2.75)} = 3.5 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3,$$

$$\gamma = \frac{3.14 \cdot 6.3 \cdot 0.018^3 \cdot 6.3^2}{10 \cdot 0.63 \cdot 25.2 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 6.3^2 + 6.3^2}} = 3.5 \cdot 10^{-5} \text{ см}^3,$$

$$Q = \frac{19.29 \cdot 0.42}{0.42 + 3.5 \cdot 10^{-4} + 3.5 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{120}{60} = 102.26 \text{ кг / год},$$

При питомій вазі поліетилену $\gamma = 0.74 \text{ кг/дм}^3$ при температурі 190°C продуктивність черв'ячної машини становить:

$$Q = 102.26 \text{ кг/год}$$

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3.4 Визначення перепаду тиску в головці.

Перепад тиску в головці при відомих значеннях продуктивності та коефіцієнта геометричної форми головки визначають за формулою:

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu_e}{K}, \quad (4-1)$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини,

K - коефіцієнт геометричної форми головки,

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

Падіння тиску в головці складається з приватних втрат тиску на окремих ділянках.

При визначенні коефіцієнта геометричної форми головки були обрані окремі ділянки, які в основному створюють опір проходу маси розплаву в головці і сума яких дає загальний перепад тиску в головці.

1. Для циліндричного круглого каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3}, \quad (4-2)$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини,

d - діаметр циліндричного круглого каналу.

$$S_1 = \frac{32 \cdot 38.54}{3.14 \cdot 3.6^3} = 8.41 \text{ с}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 8.41 с⁻¹:

$$\mu_{e1} = 2.5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі становить:

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\Delta P_1 = \frac{38.54 \cdot 2.5 \cdot 10^3}{1.71} = 0.056 \text{ МПа}$$

2. Для циліндричного круглого каналу швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{32 \cdot Q}{\pi \cdot d^3}, \quad (4-3)$$

де Q - продуктивність черв'ячної машини,

d - діаметр циліндричного круглого каналу.

$$S_2 = \frac{32 \cdot 38.54}{3.14 \cdot 1.2^3} = 227.1 \text{ с}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 227.1 с^{-1} :

$$\mu_{e2} = 0.4 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в круглому циліндричному каналі становить:

$$\Delta P = \frac{38.54 \cdot 0.4 \cdot 10^3}{4.1 \cdot 10^{-3}} = 3.76 \text{ МПа}.$$

У данній головці таких каналів п'ять – канали по яким розплав надходить в гвинтову нарізку дорна головки, тому:

$$\Delta P_2 = \Delta P \cdot 5 = 3.76 \cdot 5 = 18.8 \text{ МПа}$$

3. Для конічного круглого каналу, з більшим діаметром на вході матеріалу, швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{256 \cdot Q}{\pi \cdot (D + d)^3}, \quad (4-4)$$

де D - діаметр основи конуса на вході маси,

d - діаметр вершини конуса на виході маси.

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$S_3 = \frac{256 \cdot 38.54}{3.14 \cdot (3 + 0.4)^3} = 227.1 \text{ c}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 227.1 c⁻¹:

$$\mu_{e3} = 0.4 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в кіничному круглому каналі становить:

$$\Delta P = \frac{38.54 \cdot 0.4 \cdot 10^3}{8.4 \cdot 10^{-3}} = 1.835 \text{ МПа}.$$

Таких каналів також п'ять, так як гвинтова нарізка дорна складається з п'яти каналів, тому:

$$\Delta P_3 = \Delta P \cdot 5 = 1.835 \cdot 5 = 9.17 \text{ Мпа}.$$

4. Для круглого кільцевого каналу, швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{5.58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_3 + R_6) \cdot (R_3 - R_6)^2}, \quad (4-5)$$

де R₃ - зовнішній радіус кільцевого каналу,

R₆ - внутрішній радіус кільцевого каналу.

$$S_4 = \frac{5.58 \cdot 38.54}{3.14 \cdot (14.8 + 14.4) \cdot (14.8 - 14.4)^2} = 14.65 \text{ c}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 14.65 c⁻¹:

$$\mu_{e4} = 1.9 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Перепад тиску в круглому кільцевому каналі становить:

$$\Delta P_4 = \frac{38.54 \cdot 1.9 \cdot 10^3}{697.54} = 1.04 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}.$$

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Для конічного кільцевого каналу з конічною щілиною швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{22.32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_0 + R_1) \cdot (\delta_1 + \delta_2)^2}, \quad (4-6)$$

де R_1 - середній радіус кола на виході,

R_0 - середній радіус кола на вході,

δ_1 - висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину,

δ_2 - висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини.

$$S_5 = \frac{22.32 \cdot 38.54}{3.14 \cdot (15 + 19.8) \cdot (1.2 + 0.4)^2} = 3.07 \text{ c}^{-1}.$$

За графіком знаходимо ефективну в'язкість поліетилену при температурі розплаву 190°C і швидкості зсуву 3.07 c^{-1} :

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

Перепад тиску в конічному кільцевому каналі становить:

$$\Delta P_5 = \frac{38.54 \cdot 3 \cdot 10^3}{0.46} = 0.25 \text{ МПа}.$$

6. Для круглого кільцевого каналу, швидкість зсуву визначається за формулою:

$$S = \frac{5.58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_3 + R_6) \cdot (R_3 - R_6)^2}, \quad (4-7)$$

де R_3 - зовнішній радіус кільцевого каналу,

R_6 - внутрішній радіус кільцевого каналу.

$$S_6 = \frac{5.58 \cdot 38.54}{3.14 \cdot (20 + 19.8) \cdot (20 - 19.8)^2} = 42.9 \text{ c}^{-1}.$$

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де n-коефіцієнт корисної дії та неврахованих втрат рівний 0.5

J - коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{(D - d_2) \cdot (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2.3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_n - h_k)} \cdot \lg \frac{h_n}{h_k}, \quad (5-4)$$

де t-крок гвинтової нарізки черв'яка,

D - зовнішній діаметр черв'яка,

ΔP - перепад тиску в головці,

d_1 - діаметр черв'яка в зоні дозування,

d_2 - діаметр сердечника на кінці черв'яка,

α_2 - постійна прямого потоку,

h_n - глибина нарізки на початку зони дозування,

h_k - глибина нарізки на кінці черв'яка,

L - довжина зони дозування,

E - ширина гребеня витка черв'яка,

Δ - радіальний зазор.

$$J = \frac{3.14^2 \cdot 0.063^2 - 4 \cdot 0.063^2}{3.14^2} + \frac{(0.063 - 0.057) \cdot (0.063 + 0.055)}{3 \cdot (0.057 - 0.055)} +$$

$$+ \frac{2.3 \cdot 3.14^2 \cdot 0.063^5}{(0.063^2 + 3.14^2 \cdot 0.063^2) \cdot (0.4 \cdot 10^{-3} - 0.3 \cdot 10^{-3})} \times \lg \frac{0.4 \cdot 10^{-3}}{0.3 \cdot 10^{-3}} = 5.23 \text{ м}^2$$

Швидкість зсуву в гвинтовій нарізці черв'яка для визначення ефективної динамічної в'язкості можна визначити за формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3.14 \cdot 6.3^2 \cdot 120}{60 \cdot 0.018 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 6.3^2 + 6.3^2}} = 2095.5 \text{ с}^{-1} \quad (5-5)$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190 С⁰ і швидкості зсуву 2095 с⁻¹:

$$\mu_{ef} = 0,14 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с.}$$

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$N_2 = \frac{3.14^3 \cdot 0.063^3 \cdot 6.3 \cdot 10^{-3} \cdot 0.25 \cdot 0.14 \cdot 10^3 \cdot 2^2}{36 \cdot 0.189 \cdot 10^{-3} \cdot 0.063} = 6.65 \text{ кВт}$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву 190 С⁰ і швидкості зсуву розплаву, яка визначається за формулою:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{cp}) \cdot (D - 2 \cdot h_{cp}) \cdot n}{60 \cdot h_{cp} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2h_{cp})^2 - t^2}}, \quad (5-6)$$

де h_{cp} - середня глибина гвинтового каналу черв'яка:

$$h_{cp} = \frac{h_n + h_k}{2} = \frac{0.38 + 0.41}{2} = 0.39 \text{ см}, \quad (5-7)$$

$$S = \frac{3.14^2 \cdot (6.3 - 0.39) \cdot (6.3 - 2 \cdot 0.39) \cdot 120}{60 \cdot 0.39 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot (6.3 - 2 \cdot 0.39)^2 - 6.3^2}} = 102.19 \text{ с}^{-1}.$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 190 С⁰ і швидкості зсуву 102.19 с⁻¹:

$$\mu_{ef} = 0.63 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

$$N_1 = \frac{3.14^3 \cdot (0.063 - 6.3 \cdot 10^{-3}) \cdot 0.25 \cdot 5.23 \cdot 0.63 \cdot 10^3 \cdot 2^2}{36 \cdot 0.063} + \frac{19.29 \cdot 10^{-6} \cdot 28.88 \cdot 10^6 \cdot 2}{6} = 8.35 \text{ кВт},$$

Загальна потужність буде рівна:

$$N = N_1 + N_2 = 8.35 + 6.65 = 15 \text{ кВт} \quad (5-8)$$

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Враховуючи ККД машини, потужність споживана нею буде складати:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{15}{0.8} = 18.75 \text{ кВт} \quad (5-9)$$

Приймаємо з конструктивних міркувань $N = 30$ кВт.

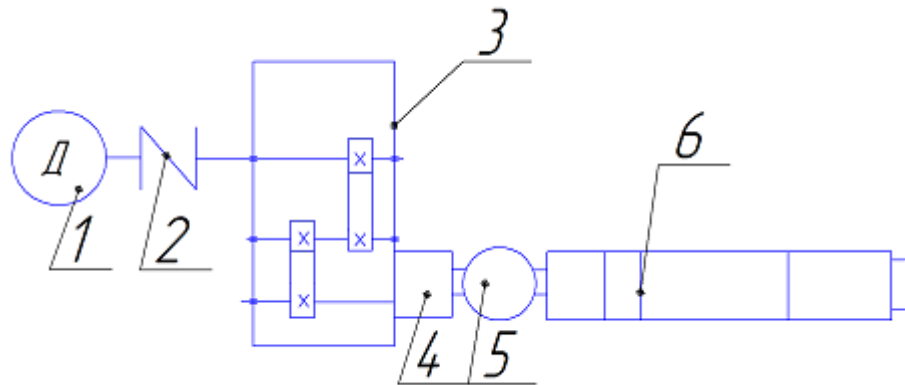


Рис.4. Кінематична схема привода

- 1- Електродвигун
- 2- Муфта
- 3- Редуктор циліндричний двуступінчатий
- 4- Вузол упорного підшипника в окремому корпусі
- 5- Бункер для завантаження екструдера
- 6- Екструдер

Зводимо всі отримані дані в таблицю для подальшої зручності використання отриманих значень.

№	N, кВт	n, хв ⁻¹	T, Н·м	U
1.	12,16	1500	77,42	10
2.	12,04	1500	76,65	
3.	7,22	180	383,06	
4.	5,78	150	367,99	

3.6. Розрахунок черв'яка на міцність

Отримані в результаті параметричного та геометричного розрахунків розміри черв'яка перевіряються на міцність і втому.

Завданням розрахунку на міцність є:

- а) визначення розрахункових напружень в небезпечних перерізах;
- б) визначення максимального розрахункового прогину черв'яка;

У залежності від довжини черв'яка розрахунок на міцність проводиться за однією з двох варіантів розрахунку.

У першому варіанті приймається, що поздовжній вигин відсутній, розрахунок проводиться на кручення, стиск і згин черв'яка.

У другому варіанті допускається наявність поздовжнього вигину, і тому окрім розрахунків, виконаних за першим варіантом, додатково робимо розрахунок на поздовжньо-поперечний згин від осьового зусилля і власної ваги черв'яка.

Критерієм для вибору необхідного варіанту розрахунку є гнучкість черв'яка.

При $\lambda \leq 50$ - розрахунок продуктивності за першим варіантом,

При $\lambda \geq 50$ - розрахунок продуктивності по другому варіанту.

Виходячи з вимог, пред'явлених до матеріалів, з яких виготовляють черв'яки, вибираємо матеріал черв'яка сталь 40ХН2МА ГОСТ45343-71 (нормалізована, азотована $h = 0.4 \dots 0.6$ мм, HRA 70-76),

$\sigma_B = 1000 - 1450$ МПа - межа міцності,

$\sigma_T = 800 - 1300$ МПа - межа плинності,

$E = 2.04 \cdot 10^5$ МПа - модуль Юнга,

$\gamma = 7.82 \cdot 10^{-4}$ Н/м³ - питома вага.

На черв'як діє сила P , крутний момент $M_{кр}$ і рівномірно розподілене навантаження q від власної ваги черв'яка. Сили P і q викликають прогин черв'яка. Вал черв'яка виконаний з отвором для підведення охолоджувальної рідини.

									ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\alpha = \frac{d}{D} = \frac{1.4}{6.3} = 0.22, \quad (6-7)$$

$$J = \frac{3.14 \cdot 6.3^4}{64} \cdot (1 - 0.22^4) = 77.13 \text{ см}^4,$$

$$F = \frac{3.14 \cdot 6.3^2}{4} \cdot (1 - 0.22^2) = 29.67 \text{ см}^2,$$

$$i = \sqrt{\frac{77.13}{29.67}} = 1.61 \text{ см},$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 188.8}{1.61} = 234.1,$$

$$P = 29.67 \cdot 282.8 = 83.9 \text{ кН},$$

Максимальне дотичне напруження на поверхні черв'яка:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{w}, \quad (6-8)$$

де w - полярний момент опору.

$$w = \frac{\pi \cdot D^3}{16} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3.14 \cdot 6.3^3}{16} \cdot (1 - 0.22^4) = 48.98 \text{ см}^3, \quad (6-9)$$

$$\tau = \frac{59223}{48.98} = 12.9 \text{ МПа},$$

$[\tau] = 145 \text{ МПа}$ – допустима напруга на кручення для матеріалу черв'яка

$$\tau \leq [\tau].$$

Максимальні напруги будуть виникати в місці защемлення вала.

Напруга стиснення, що виникає в перетині черв'яка:

$$\sigma = \frac{P}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_{НО}}, \quad (6-10)$$

										ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

де $M_{i\max}$ - максимальний згинальний момент:

$$M_{i\max} = \frac{\gamma \cdot L^2 \cdot F}{2}, \quad (6-11)$$

де γ - питома вага матеріалу черв'яка,

W_{HO} - осьовий момент опору відносно нейтральної осі:

$$W_{HO} = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3.14 \cdot 6.3^3}{32} \cdot (1 - 0.22^4) = 24.49 \text{ см}^3, \quad (6-12)$$

$$M_{i\max} = \frac{7.82 \cdot 10^{-4} \cdot 29.67 \cdot 188.8^2}{2} = 413.52 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$\sigma_{\max} = \frac{80906}{29.67} + \frac{413.52}{24.49} = 28.95 \text{ МПа}. \quad (6-13), (6-14)$$

Еквівалентна напруга, що виникає в небезпечному перерізі черв'яка, з третьої теорії міцності, при обліку напруги стиску і кручення:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{28.9^2 + 4 \cdot 12.9^2} = 38.74 \text{ МПа}, \quad (6-15)$$

$[\sigma] = 200 \text{ МПа}$ – допустима напруга на розтяг для матеріалу черв'яка

$$\Sigma_{екв} \leq [\sigma].$$

У цьому варіанті розрахунку необхідно також встановити максимальний прогин від розподіленого навантаження q за формулою:

$$f_{\max} = \frac{q \cdot L}{K^3 \cdot E \cdot I} \cdot \left(K \cdot L + \frac{K^3 \cdot L^3}{3} \right) - \frac{q}{K^4 \cdot E \cdot I} \cdot \left(\frac{K^2 \cdot L^2}{2} + \frac{5 \cdot K^4 \cdot L^4}{24} \right) - \frac{q \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot K^2 \cdot I}, \quad (6-16)$$

де q - інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження.

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{\gamma \cdot \rho \cdot D^2}{4} \cdot (1 - \alpha^2) = \frac{7.82 \cdot 10^{-4} \cdot 3.14 \cdot 0.063^2}{4} \cdot (1 - 0.22^2) = 2.31 \cdot 10^{-6} \text{ Па}, \quad (6-17)$$

K – допоміжний параметр, що визначається за формулою:

$$K = \sqrt{\frac{N}{E \cdot I}} = \sqrt{\frac{2.3 \cdot 10^{-5}}{2.04 \cdot 10^{-5} \cdot 77.13}} = 0.12 \quad (6-18)$$

									ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

N - найменше значення критичної осьової сили, при якій можлива поява позовжнього згину:

$$N = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 2.04 \cdot 10^{-5} \cdot 77.13}{4 \cdot 163.8^2} = 2.3 \cdot 10^{-5}, \quad (6-19)$$

L – вільна довжина черв'яка.

$$f_{\max} = \frac{2.31 \cdot 10^{-12} \cdot 163.8}{0.12^3 \cdot 2.04 \cdot 10^{-5} \cdot 77.13} \cdot \left(0.12 \cdot 163.8 + \frac{0.12^3 \cdot 163.8^3}{3} \right) - \frac{2.1 \cdot 10^{-12}}{0.12^4 \cdot 2.04 \cdot 10^{-5} \cdot 77.13} \cdot \left(\frac{0.12^2 \cdot 163.8^2}{2} + \frac{5 \cdot 0.12^4 \cdot 163.8^4}{24} \right) - \frac{2.3 \cdot 10^{-12} \cdot 163.8^2}{2 \cdot 2.04 \cdot 10^{-5} \cdot 77.13 \cdot 0.12} = 0.012 \text{ см},$$

$$f_{\max} \leq [f_{\text{розр}}].$$

3.7. Розрахунок корпусу на міцність

Корпус черв'ячного преса одночасно піддається впливам:

- а) змінного по довжині гідростатичного тиску, що доходить перед голівкою до 700 кг/см²;
- б) термічних напруг від змінної по довжині температури стінок;
- в) абразивного тертя перероблюваної суміші.

Такі умови роботи корпусу вимагають застосування високоякісних сталей. Корпуси виготовляються в основному із сталі 35, а гільзи виконують із сталі 38 ХМЮА, які азотують до твердості 55 ... 64HRC.

$\sigma_B = 1000$ МПа - межа міцності при розтягуванні,

$\sigma_T = 850$ МПа - межа текучості при розтягуванні.

В залежності від данної величини сприймаючих навантажень товщина стінки корпусу для різних машин може бути відповідно, або товще, або тонше, і залежно від співвідношення товщини стінки до діаметра, розраховується, як товстостінну або тонкостінну посудину.

$$\beta = \frac{D_z}{D_{вн}} = \frac{130}{63} = 2,06 \quad (7-1)$$

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При відношенні зовнішнього діаметра корпусу до внутрішнього, тобто товщина стінки буде перевищувати 10% внутрішнього діаметру корпусу. То при розрахунку міцності слід користуватися висновками теорії товстостінних посудин.

На корпус діють одночасно такі основні силові фактори:

P - внутрішній тиск.

Q - осьове зусилля черв'яка.

M - крутний момент.

σ_t - температурна напруга.

Виділений елемент із стінки корпусу знаходиться в трьохосьовому напруженому стані.

Зробимо розрахунок корпусу на міцність саме від температурного перепаду. Для черв'ячних агрегатів характерні два теплових режима роботи

а) зовнішня поверхня корпусу охолоджується, тобто тепловий потік спрямований від внутрішніх шарів до зовнішніх ($t_b > t_z$);

б) зовнішня поверхня обігривається, тобто тепловий потік спрямований від зовнішньої стінки до внутрішньої ($t_z < t_b$).

Присутність температурних перепадів зумовлює появу температурних напружень. У даному екструдері обігрів корпусу зовнішній. Більш холодні шари металу заважають розширюватися більш нагрітим, в результаті чого гарячі шари корпусу виявляються стислими, а холодні розтягнутими.

На поверхні шару, розташованого на довільному радіусі R виникають радіальні напруги σ_r , кільцеві σ_t і аксіальні σ_z напруги, які визначаються за формулами:

$$\sigma_r = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu) \cdot (R_1^2 - R_2^2) \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot \left[R_1 \cdot \ln \frac{R_1}{R} - R_2^2 \cdot \ln \frac{R_2}{R} + \frac{R_2^2 \cdot R_1^2}{R} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} \right], \quad (7-2)$$

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\sigma_t = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu) \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot \left[R_2^2 \cdot \left(1 - \ln \frac{R_2}{R} \right) - R_1^2 \cdot \left(1 - \ln \frac{R_1}{R} \right) - \frac{R_2^2 \cdot R_1^2}{R} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} \right], \quad (7-3)$$

$$\sigma_z = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu) \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot \left[R_2^2 \cdot \left(1 - \ln \frac{R_2}{R} \right) - R_1^2 \cdot \left(1 - \ln \frac{R_1}{R} \right) \right], \quad (7-4)$$

де t_1 - температура внутрішньої стінки,

t_2 - температура зовнішньої стінки,

α - коефіцієнт теплового розширення,

E - модуль пружності,

R_1 - зовнішній радіус корпусу,

R_2 - внутрішній радіус корпусу,

R - поточний радіус корпусу,

μ - коефіцієнт Пуансона

Надаючи поточному радіусу значення $R = R_1$ і $R = R_2$ отримуємо остаточні формули для визначення температурних напружень.

На внутрішній поверхні:

$$\sigma_r = 0,$$

$$\sigma_t = \sigma_z = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu)} \cdot \left[\frac{1}{\ln \frac{R_2}{R_1}} - \frac{2 \cdot R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \right], \quad (7-5)$$

$$\sigma_t = \sigma_z = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - 215)}{2 \cdot (1 - 0.27)} \cdot \left[\frac{1}{\ln \frac{0.065}{0.031}} - \frac{2 \cdot 0.065^2}{0.065^2 - 0.031^2} \right] = 25.06 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

На зовнішній поверхні:

$$\sigma_r = 0,$$

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_t = \sigma_z = \frac{\alpha \cdot E \cdot (t_1 - t_2)}{2 \cdot (1 - \mu)} \cdot \left[\frac{1}{\ln \frac{R_2}{R_1}} - \frac{2 \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \right], \quad (7-6)$$

$$\sigma_t = \sigma_z = \frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 1 \cdot 10^{-5} \cdot (200 - 215)}{2 \cdot (1 - 0.27)} \cdot \left[\frac{1}{\ln \frac{0.065}{0.031}} - \frac{2 \cdot 0.031^2}{0.065^2 - 0.031^2} \right] = -15.82 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

Характер напруг (стиск або розтяг) визначається знаком величини напруги отриманого за вказаними вище формулами. Розтягування знак «+», стиснення знак «-».

Змінюючи значення поточного радіусу R в межах від R_1 до R_2 отримуємо епюру температурних напружень для зовнішнього обігріву.

Проведемо розрахунок корпусу на міцність тільки від внутрішнього тиску. Внутрішній тиск викликає в стінках корпусу три види напруг:

- σ_r - радіальна напруга стиснення:

$$\sigma_r = \frac{p \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \left(1 - \frac{R_2^2}{R^2} \right), \quad (7-7)$$

- σ_t - кільцева напруга розтягування:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot \left(1 + \frac{R_2^2}{R^2} \right), \quad (7-8)$$

- σ_z - аксіальна напруга розтягування:

$$\sigma_z = \frac{Q}{\pi \cdot (R_2^2 - R_1^2)}, \quad (7-9)$$

де p - максимальний тиск у корпусі,

R - поточний радіус корпусу,

R_1 - внутрішній радіус корпусу,

R_2 - зовнішній радіус корпусу,

										ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Q - осьове зусилля черв'яка.

$$Q = p \cdot \pi \cdot R_1^2 = 50 \cdot 10^6 \cdot 3.14 \cdot 0.031^2 = 150.9 \text{ кН}, \quad (7-10)$$

Перші дві напруги мають змінну величину залежно від тиску елемента, що розглядається від осі корпусу.

Напруження, що діють на зовнішній поверхні:

$$\sigma_r = 0,$$

$$\sigma_t = \frac{p \cdot R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 10^6 \cdot 0.031^2}{0.065^2 - 0.031^2} = 29.4 \text{ МПа}, \quad (7-11)$$

Напруження діють на зовнішній поверхні:

$$\sigma_r = -p = -50 \text{ МПа},$$

$$\sigma_t = p \cdot \frac{R_2^2 + R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot (0.065^2 + 0.031^2)}{0.065^2 - 0.031^2} = 79.44 \text{ МПа}, \quad (7-12)$$

Аксіальна напруга має постійну величину не залежну від значення поточного радіуса:

$$\sigma_z = \frac{4.8 \cdot 10^6}{3.14 \cdot (0.065^2 - 0.031^2)} = 14.7 \text{ МПа},$$

$$\Sigma \sigma_{t \max} < [\sigma_{\text{доп}}].$$

Товщина стінки корпусу визначається за формулою:

$$S = R_1 \cdot \left(\sqrt{\frac{\sigma_{\text{доп}} + p}{\sigma_{\text{доп}} - p}} - 1 \right) + C, \quad (7-13)$$

де С - добавка на корозію.

$$S = 3.1 \cdot \left(\sqrt{\frac{120 + 50}{120 - 50}} - 1 \right) + 0.1 = 3.8 \text{ см.}$$

При зовнішньому обігріві радіальні напруги будуть розтягуючими, причому максимальні значення їх розташовані на радіусі:

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

r_{cp} - середній радіус, тобто відстань від осі обертання валу до середини висоти зуба h .

$$r_{cp} = \frac{D_b + D_a}{4}, \quad (8-2)$$

$$h = \frac{D_b - D_a}{2}, \quad (8-3)$$

де $D_z = 6.3$ см - зовнішній діаметр,

D_b - внутрішній діаметр (окружність виступів для отвору),

$m = 0.3$ см - модуль

При центруванні по бокових поверхнях зубців:

$$D_a = D - 2 \cdot m = 6.3 - 2 \cdot 0.3 = 5.7 \text{ см},$$

$$r_{cp} = \frac{6.3 + 5.7}{4} = 3 \text{ см},$$

$$h = \frac{6.3 - 5.7}{2} = 0.3 \text{ см},$$

$$\sigma_{cm} = \frac{59223}{0.75 \cdot 28 \cdot 0.3 \cdot 10.6 \cdot 3} = 29.561 \text{ МПа},$$

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

3.9 Розрахунок черв'яка на втомлюваність.

Запас міцності за межею втоми при обліку згину і кручення визначається за формулою:

$$n_{-1} = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}, \quad (9-1)$$

де n_{σ} - запас міцності за межею втоми при згині.

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma} \cdot \sigma_a}{\beta \cdot e_{\sigma}} + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_M}, \quad (9-2)$$

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n_{τ} - запас міцності за межею втоми при крученні.

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\left(\frac{K_{\tau} \cdot \tau_a}{e_{\tau}} + \psi_{\tau} \right) \cdot \tau_M}, \quad (9-3)$$

$\sigma_{-1} = 500$ МПа – межа витривалості при згині матеріалу черв'яка,

$K_{\sigma} = 2.5$ – ефективний коефіцієнт напружень при згині для сталі з

$\sigma_{вр} = 100$ МПа,

$\beta = 1.7$ – коефіцієнт стану поверхні для азотованої сталі з $\sigma_{вр} = 100$ МПа,

$e_{\sigma} = 0.65$ – масштабний фактор при згині для $d_{вн} = 4.5$ см,

$\psi_{\sigma} = 0.25$ – коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової циклу на

втомлювальну міцність,

σ_a, σ_M – амплітуда і середня напруга циклу нормальних напружень,

$\tau_{-1} = 290$ МПа – межа витривалості для матеріалу черв'яка при крученні,

$K_{\tau} = 1.9$ – ефективний коефіцієнт напружень при крученні для сталі з

$\sigma_{вр} = 100$ МПа,

$e_{\tau} = 0.65$ – масштабний фактор при крученні для $d_{вн} = 4.5$ см,

$\psi_{\tau} = 0.1$ – коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової циклу на

втомлювальну міцність,

τ_a, τ_M – амплітуда і середня напруга циклу дотичних напруг.

$$\sigma_a = \sigma_M = 38.74 \text{ МПа}, \quad \sigma_M = 0,$$

$$\tau_a = \tau_M = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{12.9}{2} = 6.45 \text{ МПа}, \quad (9-4)$$

$$n_{\sigma} = \frac{500}{\frac{2.5 \cdot 38.74}{1.7 \cdot 0.65} + 0.25 \cdot 0} = 5.7,$$

$$n_{\tau} = \frac{290}{\left(\frac{1.9 \cdot 6.45}{0.65} + 0.1 \right) \cdot 6.45} = 2.37,$$

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{-1} = \frac{5.7 \cdot 2.37}{\sqrt{5.7^2 + 2.37^2}} = 2.18,$$

Визначимо найменшу допустиму величину запасу міцності за опором до втоми:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (9-5)$$

де $K_1 = 1.2$ – коефіцієнт, що враховує ступінь відповідальності деталі,
 $K_2 = 1.15$ - коефіцієнт, що враховує різницю між розрахунковими і дійсними навантаженнями і напругами,

$K_3 = 1.4$ - коефіцієнт, що враховує надійність матеріалу.

$$K = 1.2 \cdot 1.15 \cdot 1.4 = 1.93.$$

$$n_{-1} > K.$$

3.10. Розрахунок міцності болтів

Можемо розрахувати болти на міцність, які поєднують головку з корпусом пресу.

Збірка з'єднання проводиться відкидними болтами М22, кількість болтів - 6, матеріал болтів - Сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71, термообробка 28 ... 32 НРС, з'єднання безпрокладочне. З'єднання проводиться з попереднім затуванням.

Тепер можемо визначити розрахункове зусилля при одночасній дії центральної відриваючої сили. Також визначаємо зусилля затування матеріалу болтів, з урахуванням пружних властивостей, і з'єднань деталей.

З умови збереження щільності стику, маємо:

$$P_{зат} = K \cdot (1 - \lambda) \cdot p, \quad (10-1)$$

де K – є коефіцієнтом затування при постійному зовнішньому навантаженні $K = 1.3 \dots 1.5$, приймаємо $K = 1.4$.

λ - коефіцієнт основного навантаження для з'єднань із сталевих деталей без прокладки $\lambda = 0.2 \dots 0.3$, приймаємо $\lambda = 0.3$.

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$p = 150.9 \cdot 10^3 \text{Н}$ - осьове зусилля, що діє в циліндрі.

$$P_{зам} = 1.4 \cdot (1 - 0.3) \cdot 150.9 \cdot 10^3 = 14782 \text{ Н},$$

Розрахункове навантаження з урахуванням крутного моменту зтягування:

$$P_p = 1.3 \cdot P_{зам} + \lambda \cdot p = 1.3 \cdot 147882 + 0.3 \cdot 150 \cdot 10^3 = 2375166 \text{ Н}, \quad (10-2)$$

Навантаження, що припадає на один болт:

$$P_Z = \frac{P_O}{Z} = \frac{237516.6}{6} = 39586.1 \text{ Н}, \quad (10-3)$$

де $Z=6$ – число болтів.

Напруги розтягування, що виникають в болтах:

$$\sigma_P = \frac{P_Z}{F} \leq [\sigma]_{доп}, \quad (10-4)$$

де F – площа перерізу болта М22,

$d_{вн} = 1.922 \text{ см}$ – внутрішній діаметр різьби М22,

$$F = 0.785 \cdot d_B^2 = 0.785 \cdot 1.92^2 = 2.9 \text{ см}^2, \quad (10-5)$$

$$\sigma_P = \frac{39586.1}{2.9 \cdot 10^{-4}} = 136.5 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{доп},$$

Визначимо допустиму напругу для болтів із сталі 30ХГСА.

$\sigma_t = 700 \text{ МПа}$ – межа плинності сталі 30ХГСА ГОСТ 4543-71, для перетину до 60 мм,

$\sigma_b = 900 \text{ МПа}$ – межа міцності цієї сталі.

$$\text{Відповідно до ГОСТ 12816-80 при } \frac{\sigma_T}{\sigma_B} = \frac{700}{900} = 0.78 > 0.7, [\sigma]_{доп} = \frac{\sigma_T}{2.8},$$

де $[\sigma]_{доп}$ – допустима напруга розтягування для болтів.

$$[\sigma]_{доп} = \frac{700}{2.8} = 250 \text{ МПа},$$

										ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$\sigma_p < [\sigma]_{\text{доп.}}$$

Розрахуємо вісь, навколо якої обертається відкидний болт, на зріз.

Напруження зрізу рівні:

$$\tau_{зр} = \frac{P}{F} \leq [\tau]_{зр}, \quad (10-6)$$

де $P = 39585\text{Н}$ – розрахункова напруга,

F - площа перерізу осі,

d - діаметр осі.

$$F = 0.785 \cdot d^2 = 0.785 \cdot 2^2 = 3.14 \text{ см}^2,$$

$$\tau_{зр} = \frac{39586.1}{3.14 \cdot 10^{-4}} = 126.07 \text{ МПа} \leq [\tau]_{зр}, \quad (10-7)$$

Матеріал вісі – Сталь 40Х ГОСТ 4543-71 28...32HRC.

$[\tau]_{\text{сп}} = 195 \text{ МПа}$ – допустима напруга, на зріз для матеріалу осі.

$$\tau_{зр} < [\tau]_{зр}.$$

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Технологія виготовлення деталі «шестерня»

4.1. Технологічний маршрут виготовлення шестерні

№оп., пер.	Назва операції, переходу	Технолог. обл., пристрої, інструмент обробл. і контр.
10 10.1	Штампувальна УЗЗ Відштампувати заготовку	Прес За технічною документацією штампувальних робіт
20 20.1 20.2 20.3 20.4 20.5	Токарна УЗЗ Торцювати поверхню 1 $\varnothing 32$ витримавши $L = 2$ мм Торцювати поверхню 2 $\varnothing 90$ витримавши $L = 2$ мм Сверлити отвір $\varnothing 20$ Зенкерувати товір $\varnothing 21,8$ Розвернути отвір $\varnothing 22H7$	16К20 3х кулачковий патрон, упор Прохідний прямий правий $16X20X140, \alpha=80^\circ, \gamma=10^\circ,$ $\varphi=90^\circ,$ T15K6, ГОСТ 10043-62 ШЦ –I Сверло $\varnothing 20$ ($2\varphi=118^\circ$), P6M5, ГОСТ 10903-64 Зенкер $\varnothing 21,8$, P6M5 ГОСТ 12489-67 Розвертка $\varnothing 22H7$,ГОСТ 1672-62 пробка 22H7

					<i>ДП.75.ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сідина Д.О.			Технологія виготовлення деталі		
Перевір.		Костюк В.С.					
Керівник							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	11
					<i>НУХТ ПУ 4-15</i>		

	УЗЗ	Кондуктор
60.1	Сверлити отвір Ø6,75	Сверло Ø6,75 P6M5 ГОСТ 10903-64
60.2	Нарізати нарізку М8-7Н	Мітчик , ГОСТ 9522-60 Пробка М8-7Н
70	Токарна УЗЗ	16К20 Оправка цангова
70.1	Точити поверхню Ø86 начисто	Прохідний відігнутий правий, 16X20X140, φ=45°, Т15К6 ГОСТ 10043-62
80	Зубофрезерна УЗЗ	5К324А Оправка, упор, прижим
80.1	Фрезерувати зубці m=2 z=41	Фреза черв'ячна, m=2, z=12, коротка, ГОСТ 9324- 60
90	Зубофасочна Зачистити заусенці	

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Розрахунок припусків.

Припуск на підрізання торців для $\varnothing 86$ і довжини 30 мм складає $2+2=4$ мм (табл. П.2, [3])

отже заготовка собою являє диск діаметром 90 мм і товщиною 34 мм.

Розрахунок загального припуску штампованої заготовки

Припуск на чистове точіння:

$$2Z_{2\min} = 2 (Rz_1 + D_1 + (T_{\text{пр}1}^2 + \varepsilon_{y2}^2)^{0,5})$$

де $Rz_1 = 50$ мкм, $D_1 = 50$ мкм, $T_{\text{пр}1}$ – це відповідно висота її мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні (табл.8);

При установленні деталі на оправлення $T_{\text{пр}1} = 100$ мкм.

При установленні деталі на оправленні $\varepsilon_{y2} = 0$.

$$\text{Тоді } 2Z_{2\min} = 2 (50 + 50 + (100^2 + 0^2)^{0,5}) = 400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 + T_2,$$

де T_1 – є допуском розміру при чорновому точінні; T_2 – є допуском розміру при чорновому точінні;

$$T_1 = IT13 = 390 \text{ мкм}; T_2 = IT11 = 160 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\max} = 400 + 390 - 160 = 630 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\text{ном}} = (2Z_{2\max} + 2Z_{2\min})/2 = (630 + 400)/2 = 515 \text{ мкм};$$

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{1\min} = 2 (Rz_0 + D_0 + (T_{\text{пр}0}^2 + \varepsilon_{y1}^2)^{0,5}),$$

де Rz , D_0 , $T_{\text{пр}0}$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка поковки.

Для заготовок масою до 4 кг (табл.6) $Rz_0 = 160$ мкм, $D_0 = 200$ мкм;

$T_{\text{пр}0} = 1,2$ (табл.7)

ε_{y1} - похибка установлення при чорновому точінні.

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час установлення деталі на оправці $\varepsilon_{y1} = 100$ мкм

$$2Z_{1\min} = 2 (160 + 200 + (1200^2 + 100^2)^{0,5}) = 3128 \text{ мкм},$$

Загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}} = \sum 2Z_{i \text{ ном}} = 512 + 3128 = 3640 \text{ мкм}$$

прийmemo $2Z_{\text{сум}} = 4$ мм

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_m = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 1321,5 / 740,06 = 0,56$$

Де $M_{\text{дет}}$, $M_{\text{заг}}$ – маса відповідно деталі і заготов

4.3. Розрахунок обробки шестерня

Токарна

Перехід 1 Точити $\varnothing 86$ начисто.

Режим обробки можемо визначити з умови, якої знімаємо максимальний припуск.

$$2Z_{1\max} = 2Z_{1\min} + T,$$

де T – допуск обробки. Для чорнового точіння $T = IT12 - IT13$ (табл.8)

прийmemo $IT12 = 0,3$ мм. Тоді $2Z_{1\max} = 0,7 + 0,3 = 1$ мм.

Глибина різання при цьому $t = 2Z_{1\max} = 1$ мм.

Вибиремо подачу. Для різців з перетином 16×25 мм при обробці сталевих деталей діаметром до 100 мм з глибиною різання до 3 мм $S = 0,6 - 0,9$ мм/об (табл.17), прийmemo $S = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання може визначатись так:

$$V = C_v / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}) = 517 / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}),$$

де $T = 60$ хв. – стійкість різця.

Тоді $v = 517 / (60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}) = 272,5$ м/хв.

Потрібна частота обертання шпінделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 272,5 / 3,14 \cdot 88 = 1194 \text{ об/хв.}$$

Із ряду обертів шпінделя верстата виберемо ближче - менше значення

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_d = t_y + \Sigma t_d$, де $t_y = 0,16$ хв – допоміжний час на установлення (переустановлення), кріплення і зняття деталі. Тоді:

$$T_d = 0,16 + 0,26 = 0,42 \text{ хв};$$

$$T_{оп} = T_o + T_d = 0,08 + 0,42 = 0,5 \text{ хв};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пн}.$$

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,025 \text{ і } T_{пн} = T_{оп} \cdot 0,04. \text{ Отже, } T_{шт} = 0,5 + 0,5 \cdot (0,025 + 0,04) = 0,53 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час $T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$, де $T_{п.з1} = 14$ хв-час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи; $T_{п.з2} = 6$ хв – час на налагодження установлення деталі .

$$T_{п.з} = 14 + 6 = 20 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї

$$\text{деталі: } T_k = T_{шт} + T_{п.з} / n = 0,53 + 20 / 200 = 0,63 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60 / 0,63 = 95 \text{ деталей.}$$

Еквівалентна потужність $N_e = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 102)$,

$$\text{де сила різання } P_z = C_p \cdot t \cdot S^{0,75} = 200 \cdot 1 \cdot 0,6^{0,75} = 136 \text{ Н}$$

$$\text{Тоді } N_e = (136 \cdot 221) / (60 \cdot 102) = 4,91 \text{ кВт ,}$$

яка менше потужності верстата $N = 11 \text{ кВт}$

Токарна (Розрахунок режиму сверління)

Перехід 3. Свердлити отвір $\varnothing 20$.

Глибина різання під час свердління дорівнює половині діаметру свердла, тобто :

$$T = d_{св} / 2 = 20 / 2 = 10 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $0,26 \div 0,32$ мм/об (табл.2).

Прийmemo $S = 0,3$ мм/об

Для визначення швидкості різання можемо взяти формулу(табл.45):

$$V = 8 \cdot d_{св}^{0,4} / T^{0,2} \cdot S^{0,7}, \text{ де } T = 30 \text{ хв – стійкість свердла.}$$

Тоді:

					<i>ДП.75.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжний час на виконання переходу $t_{\text{доп}} = 0,08$ хв.

Перехід 5. Розвернути отвір $\varnothing 22\text{H7}$.

Глибина різання:

$$t = (d_p - d_3) / 2 = (22 - 21,8) / 2 = 0,1 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $S = 0,8 \div 1,1$ мм/об. Приймемо $S = 1$ мм/об

Для визначення швидкості розвертання можемо взяти формулу:

$$V = 12,1 \cdot d_p^{0,3} / T^{0,4} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,65}, \text{ де } T = 30 \text{ хв – стійкість розвертки.}$$

Тоді:

$$V = 12,1 \cdot 22^{0,6} / 30^{0,4} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 1^{0,65} = 12,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для розвертання:

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_p = 1000 \cdot 12,4 / 3,14 \cdot 22 = 180.$$

Приймемо $n_b = 160$ об/хв.

Тоді перерахувавши можемо отримати:

$$V_d = \pi \cdot d_p \cdot n_b / 1000 = 3,14 \cdot 22 \cdot 160 / 1000 = 11,1 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись:

$$t_0 = L / n \cdot S = 54 / 160 \cdot 1 = 0,34 \text{ хв}$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 54$ мм,

де $l = 47$ –глибина розвертання;

$l_1 = 2$ мм –величина на підведення розвертки з ручною подачею;

$l_2 + l_3 = 5$ - додаток на врізання і перебіг розвертки.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{\text{доп}} = 0,08$ хв.

Повний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,41 + 0,27 + 0,34 = 1,02 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції:

$T_d = t_y + \sum t_d$, де $t_y = 0,1$ хв – допоміжний час на установлення

(переустановлення), кріплення і зняття деталі.

Тоді: $T_d = 0,1 + 0,08 + 0,08 + 0,08 = 0,34$ хв;

$T_{\text{оп}} = T_0 + T_d + T_1 + T_2 = 1,02 + 0,34 + 0,12 + 0,12 = 1,6$ хв,

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де T_1, T_2 – час на виконання першого і другого переходів відповідно (підрізання торців)

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт}$$

$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,015$ і $T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,06$. Отже, $T_{шт} = 1,6 + 1,6 \cdot (0,015 + 0,06) = 1,72$ хв.

Підготовчо-завершальний час $T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$,

де $T_{п.з1} = 10$ хв - є часом на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;

$T_{п.з2} = 4$ хв – є часом на налагодження установлення деталі .

$$T_{п.з} = 10 + 4 = 14 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі: $T_k = T_{шт} + T_{п.з} / n = 1,72 + 14 / 200 = 1,79$ хв.

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60 / 1,79 = 33 \text{ деталі.}$$

4.4.Опис пристрою.

Кондуктор для виконання технологічної операції (токарної 60) складається із корпусу, жорсткої оправки запресованої в корпус, швидкознімної шайби й гайки та кондукторної втулки.

Деталь надівається на жорстку оправку по шпоночному з'єднанні з посадкою Н7/н6 . З'єднання по даній посадці виключає перекося деталі в пристрої. Торець деталі , який вибрано за вимірювальну базу упирається в корпус. Таким чином вимірювальна база співпадає з технологічною.

З іншого боку деталь притискається гайкою. Між гайкою і деталлю встановлюється швидкозйомна шайба. Діаметр гайки менший за діаметр за діаметр оправки , таким чином забезпечується швидке зняття й установлення деталі. На кришці зроблено отвір, в який вставлена кондукторна втулка, що у свою чергу притискається гвинтом. Кондукторна втулка служить направляючою для свердла.

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок похибки базування

Розрахуємо похибку базування при установці деталі на жорстку оправку (палець). Допустима похибка базування $\varepsilon_{\delta} = 0,2$ мм. Вимірювальною базою для зовнішньої поверхні є вісь деталі, а технологічною - оправки(пальця).

Деталь встановлюється на оправку (палець) по посадці з зазором Н7/d8 і закріплюється по торцю. Якщо в спряженні зазор максимальний $S_{\max} = 2e$, де e – ексцентриситет, то похибка базування буде:

$$\varepsilon_{\delta D1} = \varepsilon_{\delta D2} = S_{\max} = S_{\min} + T_H + T_h, \text{ де}$$

$S_{\min} = 0,065$ мм – мінімальний зазор з'єднання,

$T_H = 0,021$ мм – допуск на діаметр отвору,

$T_h = 0,033$ мм – допуск на діаметр оправки.

Тоді $\varepsilon_{\delta D1} = \varepsilon_{\delta D2} = 0,065 + 0,021 + 0,033 = 0,119$ мм

Отримаємо $\varepsilon_{\delta D1} = \varepsilon_{\delta D2} = 0,119$ мм < $\varepsilon_{\delta} = 0,2$ мм

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Монтаж, експлуатація, обслуговування та ремонт екструдера

Виробничі обладнання представляють собою найбільш важливу частину основних фондів підприємства, саме їх техніко-виробничий потенціал, через це питання на тему технічного обслуговування і ремонту, які забезпечують довговічність і працездатність обладнання, мають бути предметом повсякденної уваги обслуговуючого персоналу.

Через зношення та деформацію деяких деталей, в процесі експлуатації агрегата, відбувається послаблення їх працездатності.

Тому ми повинні, з відновлення нашого обладнання, виконати ряд допоміжних робіт, періодичність яких може визначатись особливостями і умовами використання.

Ці заходи, які враховують специфіку технології виробництва, представляють собою систему технічного обслуговування і ремонту техніки (СТО і РТ). СТО і РТ може являти собою сукупність взаємозв'язаних засобів документації, необхідних для підтримки і відновлення якості виробів, які входять в цю систему. Останнє також передбачає технічне обслуговування обладнання, а саме ремонт: поточний, середній і капітальний.

5.1. Монтаж і підготовка машини до експлуатації

Машина, яка виробляється, має певну установку, щоб довкола неї було вільного простору не менше 1 м, а попереду неї - не менше як 1,5 м. Даний агрегат потребує спеціальний фундамент і кріплення до підлоги. Розміри площі і висота приміщення під данне обладнання повинні бути відповідними до вимог монтажно-габаритного креслення.

					<i>ДП.75.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сідина Д.О.</i>			<i>Монтаж, експлуатація, обслуговування та ремонт екструдера</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Костюк В.С.</i>					58	6
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ПУ 4-15</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Майданчик під установку повинен мати:

- підведення електромережі,
- підведення заземлення від цехового контуру,
- підведення стиснутого повітря,
- відведення повітря, яке відпрацьоване.

Маємо підняти стропи, під них підкласти підкладки. Потім оброблені поверхні деталей – очистити від антикорозійного покриття тканиною, яка буде змочена в уайт-спіриті, після цього змащуємо тонким шаром мастила для машин та протираємо сухою тканиною. Так само очистити робочі органи ганчіркою, змоченою в уайт-спіриті від антикорозійного покриття. Пофарбовані частини машини протерти від пилу: спочатку вологою тканиною, потім сухою.

Під'єднати кабель електроприводу. Електричний струм до машини підведемо проводами з перерізом не менше 1,5 мм². Проводку проводити в металевій трубі. Підключення машини до мережі електропостачання виконується згідно її електросхеми.

Корпус машини заземляємо відповідно до правил ПУЄ. Підключати заземлення потрібно за допомогою болтового з'єднання на корпусі. Потім змастити обладнання відповідно зі схемою змащення.

5.2. Використання екструдера

Правильний монтаж в значній мірі приводить до успішної експлуатації.

Монтаж обладнання повинен проводитися з відповідністю з кресленням на його встановлення і повинен відповідати послідовності дій, яка вказана в інструкції заводу-виготівника.

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймання обладнання в експлуатацію передбачає наступні операції:

1. До використання допускаються працівники, які знають техніку безпеки.
2. Введення обладнання в експлуатацію тільки після проведення випробувальних робіт.
3. Перед пуском необхідно:
 - Перевірити зовнішній огляд обладнання;
 - підготувати місця для обслуговуючого персоналу;
 - виконати змащування точок обладнання згідно схемам і картам змащування, в яких занесені всі вузли тертя і контакту, вказане мастило, його кількість і спосіб змащування;
 - перевіряється надійність закріплення вузлів і деталей обладнання до його каркасу, обладнання до фундаменту;
 - перевіряється величина натягу клинових пасів і при необхідності провести їх натягування;
 - перевіряється працездатність завантажувальної і розвантажувальної системи обладнання;

5.3. Технічне обслуговування

Правильна експлуатація потребує щоб за машиною був закріплений майстер з данного устаткування або певна бригада. На головного механіка покладається контроль з дотримання правил технічної безпеки на підприємстві

Обслуговування робиться ремонтним персоналом виробничого цеху, електриками та залученням спеціалістів ремонтно-механічного цеху

Відповідальність за його виконання покладається на начальника виробничого цеху.

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічне обслуговування передбачає:

- гарну перевірку обладнання і ретельну перевірку всіх механізмів керування, маслопроводів і пристроїв, закріплюваних деталей та ущільнень
- перевірку працездатності привода (двигуна), вимикачів та пасової передачі
- налагодження дефектів, якщо такі виявленні протягом робочого процесу або при прийманні або здачі данного устаткування.
- контролювання навантаження на дану машину

Технічне обслуговування здійснюється по системі планово-попереджувального ремонту. Система планово-попереджувального ремонту може передбачати собою:

- застосування прогресивної технології ремонту, яка забезпечує високу довговічність деталей та вузлів;
- налагодження поставок запасних частин;
- розробку нормативів трудомісткості ремонту, витрат матеріалів, норм запасу деталей.

5.4. Ремонт

Відповідальність за проведення ремонтних робіт покладається на головного механіка та головного інженера.

В плавно-попереджувальний ремонт входять данні чинники: профілактичний огляд, міжремонтне обслуговування, середній та капітальні ремонти.

Міжремонтне обслуговування це щоденний нагляд за нормами експлуатації даної машини, ліквідація не значних неполадок і регулювання механізмів. Проводиться під час перерви в роботі з дотриманням режимів виробництва

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Профілактичний огляд проводиться через деякий проміжок часу, який встановлюємо окремо для кожної машини. Він вбирає в себе перевірку технологічного стану деталей та вузлів, які мають зношування та не можуть працювати до планового ремонту.

Він полягає в усуненні несправностей шляхом заміни або відновлення окремих складових частин (деталей, що швидко зношуються), а також в регулювальних роботах.

Поточний ремонт проводиться для розбирання машини, подетальне розбирання зношених та найбільш забруднених вузлів, вимивання змащування та чищення, перевірка зазорів в валах та втулках, заміна зношених втулок, підшипників, подряпин та забоїв на поверхнях тертя;

Заміна відпрацьованих деталей, які не мають змоги витримувати данні навантажування до наступного планового ремонту; ремонт підігрівання і охолодження. Заміна мастила.

Середній ремонт полягає у відновленні експлуатаційних характеристик машин, шляхом ремонту або заміни зношених або пошкоджених складових частин, а також в перевірці технічного стану інших складових частин з метою усунення виявлених несправностей. Можемо провести капітальний ремонт окремих вузлів при середньому ремонті. Він виконується на місці встановлення устаткування без його демонтажу. При середньому ремонті можемо виконати: перевірку всіх механізмів машини з частковим їх розбиранням, ремонт окремих вузлів з заміною деталей, зношування яких перевищує допустиме за технічних умов або норм, перевірку і заміну зношених тросів, ланцюгів, пасів і т.і.; очищення і планову заміну всіх підшипників; перевірку та промивку редукторів; перевірку і заміну зношених прокладок, ущільнень, кріпильних деталей; виправлення або заміну арматури, яка зносилася (вентилі, фільтри, муфтові з'єднання); пофарбування при необхідності окремих частин машини; збирання машини, перевірку кріплення вузлів і механізмів, регулювання та випробування на холостому ходу і під виробничим навантаженням.

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Капітальний ремонт полягає в повному розбиранні і дефектації машини, заміні або ремонті всіх вузлів і деталей, що зносилися, в тому числі і базових. Розміри, допуски і посадки спряжених деталей і вузлів доводять до відповідності з технічними умовами, а також поновлюється зовнішній вигляд обладнання. При капітальному ремонті виконуються: повне подетальне розбирання всіх вузлів машини; заміна всіх вузлів та деталей, що зносилися, або реставрація їх, з доведенням до розмірів, які встановлені технічними умовами; комплексна перевірка, регулювання та випробування в холостому режимі та під робочим навантаженням. При капітальному ремонті може проводитися модернізація обладнання, проводиться з метою покращення експлуатаційних показників, технічного вдосконалення машини або вирішення технологічних проблем виробництва.

Всі види ремонту проводяться за затверджуваним графіком у відповідності з нормами простою установки через ремонт при повному забезпеченні його матеріалами, запасними частинами і робочою силою.

Обслуговування екструдерів

Обслуговувати одношнековий екструдер нескладно. Для підготовки робочого персоналу екструдера потрібно від одного до декількох місяців. Ремонт і обслуговування одношнекового екструдера зводиться до заміни і очищення фільтруючих сіток, заміні трансмісійного мастила в приводі, заміни запобіжників, ремонт або заміна нагрівачів циліндра. Після напрацювання прописаного виробником екструдера кількості машино-годин необхідно розібрати екструдер і замінити при необхідності шнек і циліндр.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.75.ПЗ

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Вступ

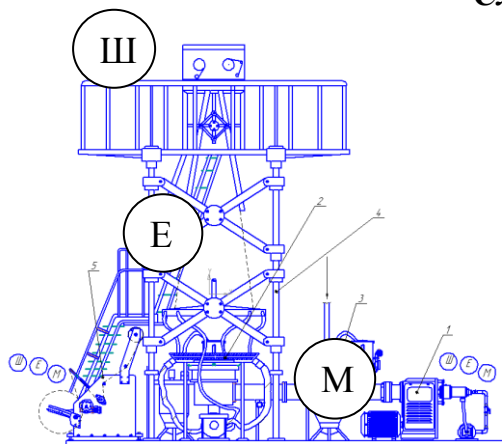
В Україні, у першій з країн СНД, 14 жовтня 1992 р. Верховною Радою прийняли Закон "Про охорону праці". Зараз набула чинності нова редакція закону від 21 листопада 2002 року. Цей закон, а також "Кодекс законів про охорону праці України" є основною законодавчою базою охорони праці. Їх доповнюють державні галузеві та міжгалузеві нормативні акти про охорону праці – це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, правових норм, обов'язкових для виконання всіма установами і працівниками України.

6.2 Виробничі небезпечні фактори при експлуатації екструдера для виготовлення двохшарової полімерної плівки

При роботі агрегату виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- запиленість;
- шум;
- механічний травматизм;
- Підвищена чи знижена рухомість повітря, вологість та барометричний тиск.
- Відсутність чи нестача природного світла.

Схема установки:



- 1 – двигун;
- 2 – головка екструдера;
- 3 – екструдер;
- 4 – протягування;
- 5 – намотувальний пристрій;

					ДП.75.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сідина Д.О.			Охорона праці	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.		Костюк В.С.					64	
Керівник.						НУХТ ПУ 4-15		
Н. Контр.								
Затверд.								

Ш - шум

Е - електронебезпека

М механічні ураження

6.3 Повітря робочої зони

Повітря робочої зони може характеризуватися мікрокліматичними параметрами середовища, до яких прийнято відносити температуру повітря, вологість і швидкість його руху, а також барометричним тиском і швидкістю його зміни, тепловими випромінюваннями, наявністю шкідливих речовин, аероіонів, пилу, які суттєво впливають на функціональну діяльність людини, його самопочуття і здоров'я. Причому у виробничих умовах характерним сумарну дію зазначених параметрів. При несприятливому поєднанні окремих факторів у працюючої людини можуть змінюватися частота пульсу та дихання, артеріальний тиск, напруженість нервової системи і т. д.

Метрологічні умови виробничих приміщень визначаються такими параметрами, як: температура повітря в приміщенні, С; відносна вологість повітря, %; швидкість повітря, м/с; теплове випромінювання, Вт/м²; запиленість, мг/м³ ГОСТ 12.1.005-88.

Встановлюємо оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення оператора, який обслуговує агрегат для пакування в полімерну плівку, що представлені у вигляді таблиці 1.

										ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Таблиця 6.1.

Оптимальні і допустимі норми виробничого приміщення

Професія	Період року	Температура, С				Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
		допустима					
		верхня границя		нижня границя			
		на робочому місці					
		постійному	непостійному	постійному	непостійному		
		у	му	му	му	місці, не більше	постійному і непостійному, не більше
Оператор	холодний	25	26	20	17	75	Не більше 0,2
	теплий	28	30	22	20	60 (при 27 С)	0,1...0,3

6.4 Запиленість

Гранично допустима концентрація пилу рослинного походження з домішками оксиду кремнію(IV) менше 2% для зернового пилу: 6 мг/м³. Клас небезпеки 4.

6.5 Вентиляція

Вентиляція повітря повинна бути ГОСТ 12.4.021-75 «Системи вентиляційні. Загальні вимоги». З механічни та природім рухом повітря загально обмінна припливно – витяжна вентиляція передбачена під час експлуатації машини. Витяжна вентиляція служить для вловлювання шкідливих речовин безпосередньо в зоні їх виділення, а припливна вентиляція призначення для нагнітання свіжого повітря в робочі зони.

Так згідно з нормами, одна людина, що постійно знаходяться в приміщенні і виконує легку роботу, потребує щонайменше 60 м³ свіжого

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП.75.ПЗ

повітря за годину, тоді як більшості країн світу ця цифра не перевищує 30 м³/год. Норма повітрообміну на одну людину має залежитт також від вимог до комфорту у приміщенні та характеру діяльності.

6.6 Шум і вібрація, методи боротьби.

Шум.

Шум можемо розділити на аеродинамічний та механічний. Механічний може виникати із-за тертя, ударів вузлів, деталей машин і механізмів. Аеродинамічний шум виникає в агрегаті від підведення стисненого повітря від компресорної станції до пневмоциліндрів. В відповідності з ГОСТ12.1003-83. "Шум. Загальні вимоги техніки безпеки" встановлюються допустимі рівні звукового тиску в робочій зоні. Найбільш раціональним методом боротьби з шумом є зменшення його в джерелах виникнення.

Маємо такі джерела шуму в агрегаті:

- підшипникові вузли;
- протягувальний пристрій
- пневмоциліндри
- мотор-редуктори

Приймаються слідуєчі заходи безпеки:

- по можливості замінюються ударні взаємодії деталей на безударні;
- звукоізоляція огорожуючих конструкцій;
- своєчасна заміна підшипників;
- засоби індивідуального захисту (навушники).

6.7 Вібрація.

Збільшення потужностей та швидкостей переміщення у виробництві призводять до небажаних явищ, таких як вібрація.

Допустимі величини вібрацій встановлюється вимогами ГОСТ-ів на відповідні машини і санітарним нормам. Агрегат повністю відповідає усім

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимогам ГОСТ-у. Він встановлений на окремій платформі, немає деталей, які працюють на надвисоких швидкостях, деталі, які виконують зворотньо-поступальний рух - підпружинені. У місцях виходу стисненого повітря в атмосферу встановлено шум-гасники, які гасять аеродинамічні шуми.

Агрегат не потребує постійного ручного керування або безпосереднього контакту з людиною. Він стоїть на фундаменті та створює загальну технологічну вібрацію, яка передається на фундамент або на підлогу, а через підлогу може діяти на людину.

Еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску на робочих місцях в активних полосах частот мають бути в допустимих межах (за ГОСТ 12.1.003 - 86) подано в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2.

Професія	Рівні звукового тиску дБ, в активних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Оператор-наладник	103	99	92	86	83	80	78	76	74	85

6.8 Освітленість

Освітлення – найважливіший елемент умов праці. Правильно виконана система освітлення відіграє істотну роль у зниженні виробничого травматизму, зменшуючи потенційну небезпеку багатьох виробничих факторів, створює нормальні умови роботи, підвищує загальну працездатність.

Важливе значення для виконання всіх видів робіт має правильно виконане раціональне освітлення промислових підприємств. Світло є важливим стимулятором не тільки зорового аналізатора, але й організму в цілому. Для людини день і ніч, світло і темрява визначають біологічний ритм

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

– бадьорість та сон. Отже, недостатня освітленість або її надмірна кількість знижує рівень збудженості центральної нервової системи і, природно, активність усіх життєвих процесів.

Освітлення, або світло, характеризується кількісними та якісними показниками, при цьому застосовують стандартні одиниці та визначення.

Кількісні показники освітлення визначають світловий потік, силу світла, освітленість та яскравість.

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення, що створюється світлом сонця (прямим чи відбитим). При проектуванні природного освітлення приміщень будинків і споруд різного призначення нормативи освітленості приймаються у відповідності з СНіП П-4-79 "Будівельні норми і правила. Норми проектування. Природне і штучне освітлення".

Наведемо норми коефіцієнта природної освітленості для машини-автомату для пакування манної крупи в полімерну плівку.

Таблиця 6.3: Нормовані значення КПО для цехів та приміщень виробництва харчових продуктів

Таблиця 6.3

Професія	Характеристика виконуваної зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розпізнавання	Розряд зорової роботи	Коефіцієнт природної освітленості e_n , %
				при бічному освітленні
Оператор	Середньої точності	0,5-1,0 мм	IV	0,9

						ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 6.4: *Норми освітленості штучним світлом.*

Таблиця 6.4

Професія	Точність Зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк
				Лампи розжарювання
Оператор	Середня	IV	б	150

Розрахунок штучного освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку

Цей метод дозволяє визначити світловий потік, створення лампами, і розраховувати освітленість в робочому приміщенні або заданим рівнем освітленості - потрібну кількість світильників.

Основне рівняння методу:

№	Основні вихідні дані	Результати вибору, розрахунку та вимірювання
1	Цех, розмірами: $a \times b \times H, S$	$15 \times 9 \times 3; 135$
2	Мінімальне освітленість $E, \text{ лм}$	200
3	Вибраний для освітлення тип лампи, світловий потік однієї лампи $F, \text{ лм}$	ЛДЦ-40 1520
4	Вибраний тип світильників, кількість ламп в одному світильнику $n_c, \text{ шт}$	ШОД 2×40 2
5	Індекс приміщення i	1,875
6	Коефіцієнт відбиття $r_{\text{стелі}}$ та $r_{\text{стін}}$ (табл.5.4 [14])	50 та 30
7	Коефіцієнт використання світлового потоку η (табл.5.4 [14])	0,56
8	Коефіцієнт запасу k (табл.5.5 [14])	1,5
9	Кількість ламп (розрахункова) n	58
10	Кількість світильників $N = \frac{n}{n_c}, \text{ шт}$	29
11	Фактична горизонтальна освітленість приміщення $E, \text{ лм}$	203,2

Арк.

ДП.75.ПЗ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

-виконуються наступні заходи:

виконуються міри, такі як запобіжники для подачі напруги до робочого місця; вішаються плакати які забороняють подачу напруги; встановлюються тимчасові загородження; приєднується до заземлюючої шини тимчасове заземлення яке перевіряється на відсутність напруги на струмоведучих частинах тощо.

-забезпечення електробезпеки від випадкового контакту з частинами живлення досягається такими технічними методами та засобами які застосовуються в поєднанні одним з одним : захисні оболонки, захисні огороження (тимчасові чи стаціонарні); безпечне розташування струмоведучих частин; ізоляція робочого місця; захисне відключення; попереджувальна сигналізація; блокування; знаки безпеки.

- Покриття струмоведучих частин чи відділення їх від інших частин шаром діелектрика забезпечує протікання струму по необхідному шляху і безпечну експлуатацію електроустановок. В електроустановках застосовуються наступні види ізоляції (за ДСТ 12.1.019–79): робоча, додаткова, подвійна і посилена. Для контролю її якості проводяться періодичні і постійні профілактичні іспити в терміни, установлені Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

Індивідуальні засоби від враження електричного струму можна поділити на:

а) Основні захисні засоби – це такі, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу електричної установки. Основними захисними засобами є: діелектричні рукавички; інструмент з ізольованими ручками (заводського виготовлення); індикатори.

б) Допоміжні індивідуальні засоби – це такі засоби, що не гарантують надійну ізоляцію від робочої напруги і є додатковим заходом. До них належать:

					ДП.75.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В даному дипломному проєкті виконано модернізацію екструдера для виготовлення двошарової плівки продуктивністю 500кг/год. Проведені розрахунки основних параметрів екструдера, кінематичний та силовий розрахунки приводу.

Суть модернізацію заключається в тому що передбачається можливість використання для зовнішнього шару плівки яка виготовляється з використанням вторинних пакувальних матеріалів, що отримуються шляхом утилізацію використаної полімерної упаковки харчових продуктів. Виготовленні двошарової плівки, забезпечується рукавним шляхом за рахунок одночасного видавлювання двох циліндричних рукавів із різних матеріалів. При виході розплавленого полімеру із головки екструдера обидва циліндричні потоки зєднуються в спільному профілюючому каналі і видавлюються спільним суцільним двошаровим рукавом, який далі піддається роздуванню.

Профілюючий канал виконано з концентричними кільцевими формуючими зазорами, що забезпечує покращення монолітності формуючої плівки та скорочення витрат первинних матеріалів на їх виготовлення.

Представлена технологія виготовлення шестерні. Розроблений технологічний маршрут та розрахунки операцій виготовлення деталі. Розглянуті монтаж і охорона праці.

					ДП.75.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Сідина Д.О.			Висновки	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		Костюк В.С.					77	78
<i>Реценз.</i>						НУХТ ПУ 4-15		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

Список використаної літератури

1. Производство изделий из полимерных материалов: Учеб. пособие/В.К. Крыжановский, М.Л. Кербер, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с., ил.
2. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підруч./ В. Т. Павлице. – 2-е вид., перероб. – Львів : Афіша, 2003. — 560 с.
3. 16. Охрана труда на предприятиях пищевых производств: учеб. пособие/ В. В. Осокин, Ю. А. Селезнева. – Донецьк : ДонГУЭТ, 2005. – 146 с.
4. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (модернізація, проектування, оптимізація): навч. посібник / Пальчевський Б.О. – Львів: Світ, 2009. – 232 с.
5. Справочник специалиста пищевых производств. Кн. 1 : Механика/ А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л. Яровой, К. В. Васильковский. – К. : АртЭк, 2001. – 304 с.
6. Гиберов З.Г., Вернер Е.В. Механическое оборудование предприятий для производства полимерных и теплоизоляционных материалов – М., Машиностроение, 1973. – 409 с., ил.
7. Гиберов З.Г., Журавлев М.И. Оборудование заводов пластических масс. Атлас конструкций. – М., Машиностроение, 1973. – 112 с., ил.
8. Абраменков Э.А. Механическое оборудование. Червячные формующие машины, экструдеры. /Методические указания. Новосибирск, НИСИ 1992.

					ДП.75.ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Сідина Д.О.</i>			Список використаної літератури	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Костюк.В.С.</i>					78	78
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ПУ 4-15</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								