

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
Інженерно-хімічний факультет  
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Гондлях**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування

на тему: Екструзійний агрегат з модернізацією черв'яка

**Студент групи** IV к. ЛП-72

(шифр групи)

Галушко Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

**Керівник проекту:**

\_\_\_\_\_ ст.вик. Борщик С.О.

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

**Консультанти з питань**

**МОДЕРНІЗАЦІЇ** \_\_\_\_\_

проф. Щербина В.Ю.

**ТЕХ.МАШ.** \_\_\_\_\_

ст.викл. Борщик С.О.

**РЕЦЕНЗЕНТ** \_\_\_\_\_

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

Студент (-ка)

\_\_\_\_\_

Київ 2021 рік

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

**Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 *Галузеве машинобудування*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В.Гондлях**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

**Галушку Дмитру Олександровичу**

1. Тема проекту «Екструзійний агрегат з модернізацією черв'яка», керівник проекту Борщик Сергій Олександрович, ст.вик., затверджені наказом по університету від «26.04» 2021 р. № 1071-с
2. Термін подання студентом проекту 07.06.2021р.
3. Вихідні дані до проекту: Прес черв'ячний ЧП 35x25, ефективна в'язкість матеріалу  $\mu_k = 1 \cdot 10^3$ , КПД машини,  $\eta = 0.85$ , потужність електродвигуна,  $N = 110$  кВт, продуктивність по полістиролу,  $G = 0,083$  кг/с, діаметр черв'яка,  $D = 35$  мм; відношення довжини робочої частини до його діаметра
4. Зміст пояснювальної записки Реферат. Перелік скорочень і умовних позначень. I. Пояснювальна записка: Вступ. 1. Призначення та область застосування ЧП 2. Технічна характеристика лінії трубної. Опис і обґрунтування обраної конструкції 4. Патентно – літературний огляд 5. Охорона праці. 6. Очікуванні механіко-економічні показники II. Розрахунки. III. Технологія машинобудування. Перелік посилань. Додатки
5. Перелік графічного матеріалу: 1. Технологічна лінія - формат А1. 2. Загальний вид екструдера- формат А1. 3. Загальний вид корпусу – формат А1.
4. Плакат – формат А1 .5. Головка трубна – формат А1. 6. Черв'як. – формат А2.
7. Креслення деталі кришка – формат А4 . 8. Креслення заготовки – формат А4.

## 6. Консультанти розділів проекту\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
МОДЕРНІЗАЦІЇ	Щербина В.Ю.		
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С.О.		

Дата видачі завдання

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Літературно – патентний огляд	17.05.2021	
2.	Виконання параметричних розрахунків	18.05.2021	
3.	Виконання креслень загального виду	18.05.2021	
4.	Виконання креслення технологічної лінії	19.05.2021	
5.	Виконання розрахунків на міцність	20.05.2021	
6.	Виконання креслень модернізації	21.05.2021	
7.	Виконання розрахунків на ПЕОМ	22.05.2021	
8.	Виконання плакату результатів розрахунку	22.05.2021	
9.	Виконання розділу ТМ	25.05.2021	
10.	Виконання розділу ОП	27.05.2021	
11.	Загальні висновки по ДП	30.05.2021	

Студент

Д.О. Галушко

Керівник проекту

С.О. Борщик

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	3
1. Призначення та галузь застосування виробу, що проєктується.....	3
2. Технічна характеристика базової машини .....	7
3. Опис базової конструкції, основних збиральних одиниць та деталей .....	8
3.1 Вибір матеріалів .....	11
4. Патентно-літературний огляд та обґрунтування модернізації пристрою .....	12
5. Охорона праці та навколишнього середовища.....	18
6. Очікувані механіко-економічні показники та висновки.....	27
 <b>2 Розділ</b>	
1.1 Розрахунки геометрії черв'яка.....	28
1.5. Розрахунки на міцність.....	39
1.7. Теплові розрахунки.....	44
 <b>3 Розділ</b>	
1.1 Вибір і опис деталі.....	48
2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії .....	51
<b>Висновки</b> .....	56
Перелік посилань та література.....	57
<b>Додатки</b> .....	58

					<b>ЛП72.021443.01-70ПЗ</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лат</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Галушко</i>				<b>Екструзійний агрегат з модернізацією черв'яка</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Ботинк</i>					1		
<i>Реценз.</i>					<b>НТУУ «КПІ»</b>			
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

## Вступ

Перед машинобудівною промисловістю стоїть завдання по забезпеченню випуску сучасних машин для переробки полімерних матеріалів у вироби.

Черв'ячні преси використовуються при різних технологічних процесах: для змішування і грануляції матеріалів; екструзії плівок, труб, профілів, листів, накладання ізоляції і оболонок на дроти і кабелі. Вони знаходять широке застосування так як литтєві машини для попередньої пластикації матеріалу, отримання порожнистих виробів і т.д. Успіх широкого впровадження черв'ячних машин для переробки полімерних матеріалів пояснюється в першу чергу тим, що вони є машинами постійної дії і дають можливість повної механізації і автоматизації процесів

В даному курсовому проекті розглядається «Черв'ячний прес для виготовлення труб з ПС ». В якості базової конструкції розглядається ЧП 35x25[3]. Перероблюваний матеріал ПСМ-115 ГОСТ 20282-86.

Метою курсового проекту є також здійснення параметричного, теплового, міцнісного розрахунків його вузлів, що підтверджують працездатність конструкції, а також виконання графічної частини прес ЧП-35, загальний вигляд пресу ЧП-35 та основних його вузлів.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 1. Призначення та галузь застосування виробу, який проєктується

Черв'ячний прес встановлений на лінії для виробництва труб з полістиролу, що проєктується, призначена для виробництва труб діаметром 80 мм з товщиною стінки 7 мм з ПСМ-115 ГОСТ 20282-86 методом екструзії, який полягає у безперервному проштовхуванні розплаву полімерного матеріалу крізь формуючий кільцевий зазор трубної екструзійної головки.

Лінія може застосовуватись на різноманітних підприємствах з переробки полімерних матеріалів, на заводах з виробництва будівельних матеріалів та на підприємствах хімічної промисловості.

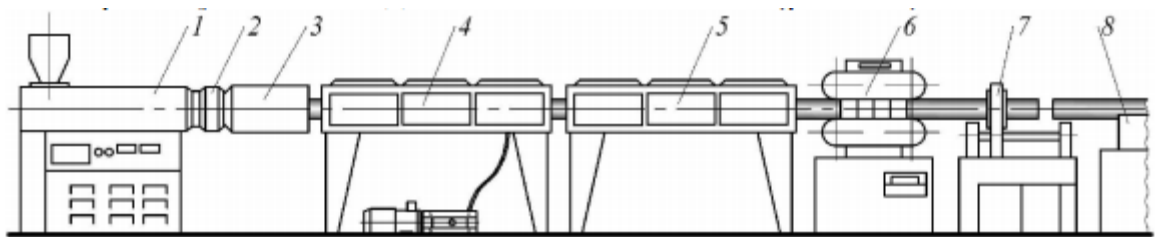


Рис. 1.1. Принципова апаратно-технологічна схема виготовлення гладких полімерних труб: 1 – екструдер; 2 – трубна головка; 3 – калібрувальний пристрій; 4 – вакуум-ванна; 5 – ванна зрошення; 6 – тягнучий пристрій; 7 – відрізний пристрій; 8 – приймальний пристрій

Принцип роботи лінії полягає у тому, що перероблюваний матеріал, у вигляді гранул завантажується у завантажувальний пристрій, звідки потрапляє до завантажувальної горловини черв'ячного преса де гомогенізується та видавлюється крізь кільцевий отвір трубної формуючої головки у вигляді гладкої трубної заготовки. З формуючої головки заготовка труби потрапляє до калібру, де калібрується по зовнішньому діаметру та попередньо охолоджується до утворення на зовнішній поверхні труби твердої кірки. Кінцеве охолодження труби відбувається у ванні охолодження вакуумній, яка з'єднана безпосередньо з калібратором, у межі температур 30–40° С. Протягування труби крізь калібр та ванну здійснюється машиною тягнучою, яка потім подає трубу на відрізний пристрій, де труба ріжеться на відрізки.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Відрізки труб подаються на лоток приймального пристрою і за сигналом кінцевого вимикача скидаються у нагромаджувач пристрою. У нагромаджувачі відбувається утворення пакета з подальшою перев'язкою його вручну металевою або пластмасовою стрічкою.

Екструдер черв'ячний ЧП 35×25 призначений для переробки гранульованих термопластів у однорідний розплав та рівномірного видавлювання крізь головку трубну . Екструдер складається з циліндричного товстостінного корпусу, у якому обертається черв'як. На корпусі встановлено електронагрівники, які обігрівають циліндр. Привод обертання черв'яка здійснюється за допомогою електродвигуна постійного струму, клинопасової передачі та одноступінчастого циліндричного редуктора.

Головка має прямоотечійну конструкцію з дорноутримувачем кошикового типу. Набір змінного інструменту (дорни та матриці) дозволяє виготовляти труби різних діаметрів з різною товщиною стінки. Профіль вхідних зон матриць та дорнів виконано за клотоїдою. Обігрів головки здійснюється електронагрівниками опору. Застосування візка для монтажу складальних одиниць, що входять до складу головки, дозволяє швидко та зручно здійснювати монтаж та демонтаж головки. Ванна охолодження вакуумна призначена для охолодження труб з термопластів при вакуумному калібруванні. Встановлюється ванна у лінії після преса черв'ячного. Ванна складається з таких основних вузлів: корпусу, рами, бака, насоса вакуумного, насоса відцентрового та механізму переміщення. Корпус ванни являє собою шестиметрову камеру з відгородженим передбанником. Зверху камера герметично закривається кришками. На правій торцевій стінці корпусу є отвір для кріплення калібрів крізь гумові ущільнення. У лівій торцевій та проміжній стінках є отвори зі змінними гумові ущільненнями.

На корпусі розташовані вузли роликів важільного типу, які можуть виставлятися над трубою. Рама являє собою зварну конструкцію з прямокутних

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

труб. У нижній частині до неї кріпляться колеса для переміщення ванни рейковим шляхом. На рамі встановлені: насос вакуумний для створення у ванні та калібрі вакууму, бак та насос відцентровий для здійснення циркуляції води у ванні, а також мотор-редуктор з гвинтовим механізмом для повздовжнього переміщення ванни по рейкам.

Корпус ванни має можливість вертикального та поперечного переміщення для центрування його осі з віссю головки. Вертикальне переміщення здійснюється за рахунок регулювання положення осі коліс відносно рами. Поперечне переміщення ванни здійснюється за рахунок поперечного переміщення осі коліс. Окрім перерахованих вузлів ванна споряджена напірним, зливним та вакуумним трубопроводами, переливними патрубками та вакуумметрами.

Машина тягуча складається з основи, траверси верхньої, траверси нижньої, ланцюга тракового, привода переміщення нижньої траверси, гвинта переміщення верхньої траверси, пульта керування та напрямних роликів. Привод руху тракових ланцюгів складається з електродвигуна, муфти, черв'ячного редуктора, вертикального вала та конічних зубчастих пар, що передають обертовий рух на тракові ланцюги. Пристрій маркувальний ПМТ-1 призначений для нанесення маркування методом друкування крізь кольорову стрічку і складається зі стійки та трьох домкратів.

Пристрій відрізний призначений для різки труб з полімерних матеріалів на відрізки заданої довжини і встановлюється у лінії після машини тягучої. Відрізний пристрій складається з таких основних частин: станини, каретки, механізму переміщення каретки. Корпус каретки являє собою візок, який чотирма своїми роликами переміщується по напрямній станини.

Маятник являє собою важіль, якій може повертатися у підшипниковій опорі. На кінці маятника закріплено дискову пилку, яка обертається через клинопасову передачу від електродвигуна. Маятник повертається за допомогою

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

пневмоциліндра. Механізми затискання виробу представляються у вигляді пневмоциліндрів з закріпленими на кінцях штоків резиновими башмаками. За командою від системи автоматики механізми затискача жорстко притискають трубу, що виготовляється, до башмаків кронштейнів на корпусі каретки.

Механізм переміщення каретки складається з пневмоциліндра, корпус якого жорстко закріплений на станині, а шток кріпиться до корпусу каретки. Регулювання частин системи пневмоклапана редукційного та пневмодроселя дає можливість встановлювати швидкість переміщення каретки близьку до швидкості виробу, що виготовляється, під час різання останнього та забезпечує швидке повернення каретки у вихідне положення після закінчення різання. Керування пристроєм виконується з пульта керування пристроєм. Відрізний пристрій може працювати у двох режимах: напівавтоматичному та автоматичному за сигналом від приймального пристрою.

Приймальний пристрій призначений для приймання труб з полімерних матеріалів, отриманих методом екструзії, та пакетування їх у нагромаджувачі. Встановлюється приймальний пристрій у лінії після відрізного пристрою. Пристрій складається з основи, приймального лотка, опор, пневмосистеми, пневмоциліндра повороту лотка та двох кінцевих вимикачів.

Основа складається з вертикальної стійки, на якій монтується приймальний лоток, пневмоциліндр, пневмосистема, кінцеві вимикачі, три горизонтальні балки, на яких встановлені лапи накопичувача. Лоток призначений для приймання та скидання труб у накопичувач, об'єм якого розрахований на пакетування 100 труб номінальним діаметром 80мм.

Черв'ячний прес для переробки полімерних матеріалів, що включає корпус з бункером і черв'ячним валом, фільтрувальну решітку і матрицю з отворами, встановленими на виході з розвантажувального пристрою, датчик струму двигуна черв'ячного вала і датчик температури пластини, відрізняється тим, що вони додатково встановлюються в розвантажувальному пристрої гранулятором

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

з полімерного матеріалу з регулятором розміру гранул і датчиком тиску, датчиком концентрації вологи з полімерного матеріалу - на виході з преса та обчислювальним пристроєм, при цьому входи обчислювального пристрою підключені відповідно до виходів датчика струму електродвигуна черв'ячного вала, датчика температури матриці, датчика тиску і датчика концентрації вологи полімерного матеріалу, а вихід обчислювального пристрою з'єднаний з входом регулятора розміру гранул полімерного матеріалу.

## 2. Технічна характеристика преса базової машини

Технічна характеристика несе в собі особливу інформацію про апарат. Саме за цими показниками проводиться порівняння зразка з подібними йому та для наступного вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники преса ЧП-35 наведено в таблиці 1.1

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика преса ЧП-35

1. Продуктивність	<i>кг/год</i>	300
2. Діаметр черв'яка	<i>мм</i>	35
3. Відношення діаметру черв'яка до його довжини		1:25
4. Частота обертання черв'яка	<i>об/хв</i>	40
5. Число заходів черв'яка		1
6. Кількість зон обігріву циліндра	<i>шт</i>	6
7. Тип формуючої головки		Головка трубна
8. Привід:		
а.) електродвигун 4А315S4У3		
Потужність двигуна	<i>кВт</i>	110
Число обертів	<i>об./хв.</i>	1500
9. Габарити		
а.) довжина	<i>мм</i>	1400

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

б.) ширина		580
в.) висота		1200
10. Маса	кг	2000

### 3. Опис і обґрунтування базової конструкції

#### 3. Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей

Черв'ячний прес (рис.3.1) працює таким чином. Полімерний матеріал із бункера 3 надходить у матеріальний циліндр 2, захоплюється черв'яком 1 і транспортується до формуючої головки, фрагмент якої показано позицією 7. Для забезпечення потрібного температурного режиму та умов транспортування на матеріальному циліндрі встановлені зонні кільцеві нагрівачі 5 з індивідуальними вентиляційними пристроями; ділянка циліндру поблизу завантажувальної горловини охолоджується водою по каналам 4, а для контролю температури слугують термопари 6. Конструкція черв'яка передбачає його внутрішнє охолодження водою, що подається і відводиться пристроєм 10. черв'як приводиться в рух від електромеханічного приводу, який складається з електродвигуна 12 і редуктора 9. осьове зусилля, що діє на черв'як сприймається підшипниковим вузлом 11. всі робочі вузли екструдера змонтовані в корпусі 8.

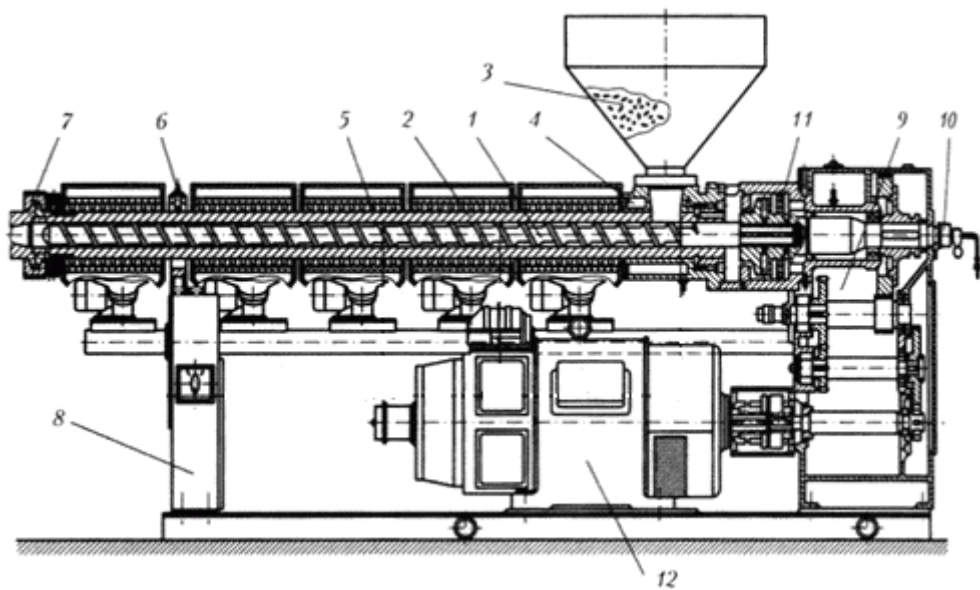


Рис. 3.1. Прес ЧП-35

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основним робочим органом пресів є товстостінний циліндричний корпус, в якому обертається черв'як (шнек). Черв'яки, діаметр яких може бути від 20 до 500 мм і більше, характеризуються геометрією (профілем) поперечного перерізу каналу, довжиною нарізки, кроком, ступенем стиску і числом заходів нарізки.

Під час обертання черв'яка матеріал транспортується по гвинтовому каналу, утвореному внутрішньою поверхнею циліндра і нарізкою черв'яка.

Транспортування супроводжується інтенсивними деформаціями матеріалу та зростанням тиску. Одночасно відбуваються самі різноманітні процеси: нагрівання матеріалу за рахунок енергії дисипації та енергії, що підводиться від системи нагрівання циліндра; ініційовані зростаючою температурою та тиском хімічні, фазові та інші перетворення, ущільнення та монолітизація сипких матеріалів; змішування компонентів; вилучення з матеріалів газоподібних та інших компонентів.

У зоні живлення відбувається прийом матеріалу, що переробляється, і його переміщення в напрямку зони плавлення й ущільнення. Для підвищення продуктивності зона завантаження виконується з великим об'ємом гвинтового каналу черв'яка.

У зоні плавлення відбувається розплавлення полімеру, його ущільнення і дегазація. Для ефективного проведення зазначених процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом, що досягається в більшості випадків зменшенням глибини каналу, кроку гвинтової лінії чи обох параметрів.

У зоні дозування відбувається перемішування розплаву і зростає тиск, під дією якого розплав продавлюється через формуючий інструмент.

Довжина функціональних зон екструдера може коливатися в значних межах у залежності від властивостей матеріалу, що переробляється, і особливостей технології переробки.

Воронка завантажувальна являє собою товстостінний циліндр із завантажувальним отвором та водяною рубашкою. Вона складається із корпусу і

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

вставної гільзи. На зовнішній поверхні корпусу воронки завантажувальної встановлений електродвигун.

Температура поверхні гільзи контролюється за допомогою перетворювача термоелектричного, в комплекті із вторинним пристроєм. Корпус має форму товстостінного циліндру, який приєднаний фланцевим з'єднанням до воронки завантажувальної. Корпус має чотири зони обігріву електронагрівачами опору. Охолодження зон корпусу здійснюється від чотирьох незалежних вентиляторів. Для контролю температури корпусу на ньому встановлюють перетворювачі термоелектричні. Зони розділені між собою перегородками. Із зовні корпус закритий теплоізоляційним кожухом.

Система охолодження призначена для охолодження завантажувальної воронки, черв'яка, масла в картері редуктора.

Черв'як за допомогою шліцьового з'єднання приєднується до перехідної втулки блоку радіально-упорних підшипників. Цей вал за допомогою шліцьового з'єднання приєднаний до тихохідного редуктора.

Формувальна головка кріпиться до циліндра екструдера за допомогою фланцевого з'єднання.

Корпус складається з завантажувальної і плавильної частини. Всі частини з'єднуються за допомогою фланців. До завантажувальної частини корпусу з іншого боку приєднується блок радіально-упорних підшипників також за допомогою фланців. На плавильну частину корпусу встановлюються нагрівачі, завдяки яким корпус нагрівається і відбувається розплавлення полімеру. Завантажувальна частина корпусу має канали для подачі води, що охолоджує екструдер.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.1 Вибір матеріалів

Оскільки в технології ставляться підвищені вимоги до міцності та надійності машини у відповідності з рекомендаціями вибираємо для вузлів і деталей сталь 40Х (ГОСТ 2591-2006) з межею міцності при розтягуванні 490 МПа, а межею текучості 700 МПа. Болти виготовляються із Сталі 40(ГОСТ 2590-2006), які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами. Шайби виготовляються із сталі Ст3 (ГОСТ 380-94); межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 470 МПа.

### 4. Патентно-літературний огляд

#### та обґрунтування модернізації пристрою

Даний дипломний проект мав ціллю створити нові засоби та підходи для поліпшення продуктивності та ефективності роботи екструзійної машини.

Задля досягнення даних завдань був здійснений цільовий пошук

запатентованих винаходів за необхідною тематикою – модернізація черв'яка екструдера.

Поширений та відомий вигляд червяка та його положення у циліндрі екструдера представлений на Рис .1

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

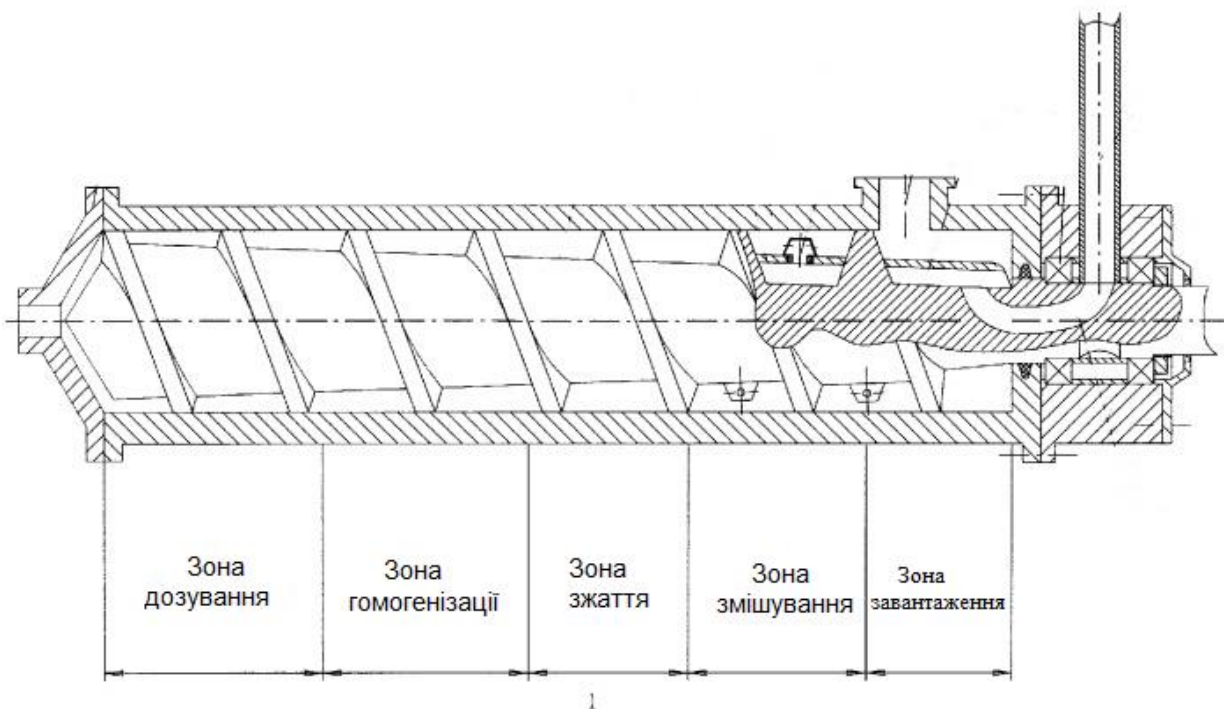


Рис.1. Загальний вид черв'яка

В одночервячному екструдері для безперервної переробки термопластичних матеріалів червяк розташований у обертовому корпусі. Винахід відноситься до черв'ячного шнека ,призначеного для черв'ячного екструдера для пластикації та/або переміщення термопластичних матеріалів.Такий червяк поділяється на дві основні зони: ріжучу і змішувальну.

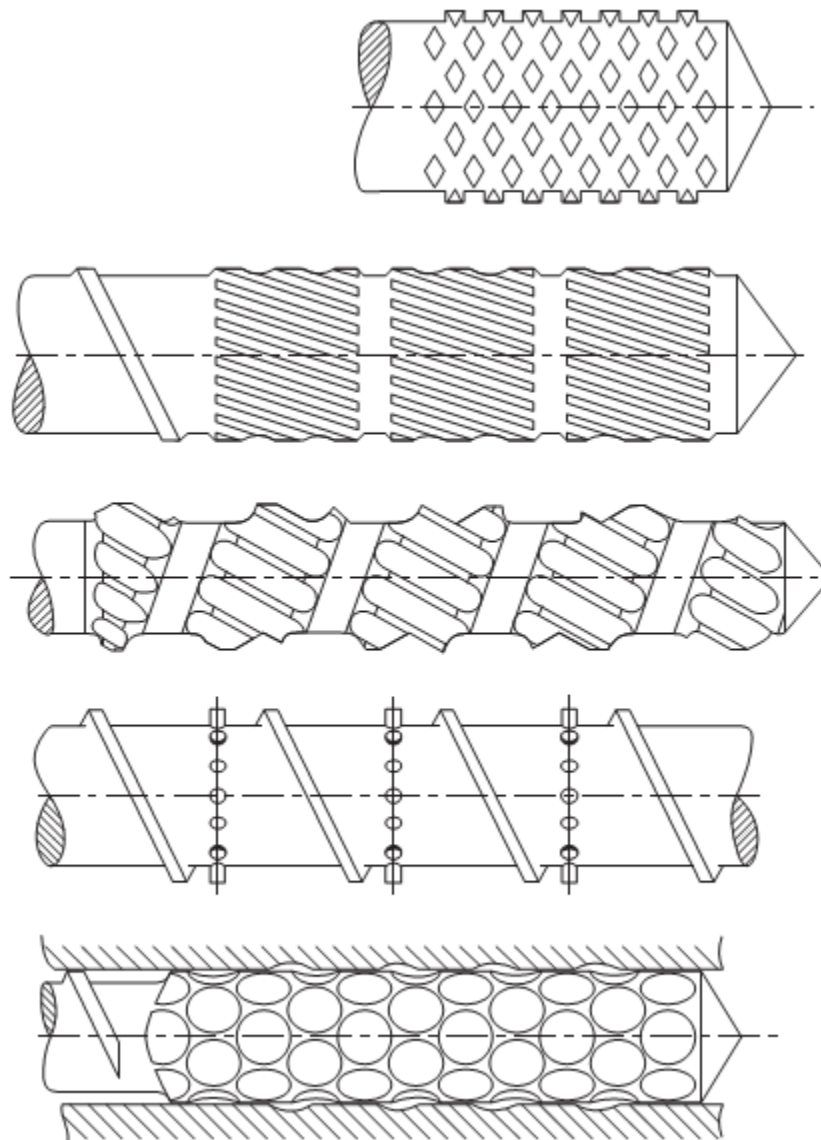
В свою чергу основні зони поділяються на робочі підзони: зону завантаження,зону змішування,зону зжаття,зону гомогенізації та зону дозування(витовхування) .Черв'як має подвійний нарізку в зоні завантаження і на початку зони пластикації. У першій третині зони гомогенізації(пластикації) розташовані пристосування у вигляді штифтів, закріплених по периферії сердечника і розташовані під прямим кутом до осі гвинта між гребнями

Рис.2..Це підсилює ефект змішування матерілу

Вищезгадувані ріжучі та змішувальні зони зазвичай дооснащують так,щоб ефект змішування досягав максимальної інтенсивності.Така ефективність

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

осягається за рахунок установки пристосувань, які монтуються в гвинтових прольотах, на максимально короткій ділянці черв'яка.



Ри.2. Загальний вид додаткових черв'ячних гомогенізуючих пристосувань

Установка додаткових елементів призводить до значного підвищення тиску ,в результаті чого в екструдаті короткої частини шнека утворюється надмірне виділення тепла від тертя. Підвищується температура розплаву, що, зазвичай, не бажано. Часто шнекові екструдери оснащують нагрівальними стрічками, але значна частина термопласта нагрівається за рахунок енергії тепла тертя. Тож бажано чітко регулювати фрикційне тертя і сам

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

температурний режим. Крім позитивного ефекту підвищення ефективності змішування ,додаткові змішувальні елементи також знижують пропускну здатність екструдера(продуктивність).

Тому метою модернізації є поліпшення додаткових пристосувань, та зменшення впливу вищезгаданих недоліків. Для вирішення цієї задачі був проведений пошук та відібрано 5 запатентованих винаходів,з яких був обраний той ,найбільш задовольняв умовам поставленої мети, патент US 2010/0310693 A1 Від 9,2010 ,розробники Christian Klee та Bad Honnef (DE).

В даному винаході мета досягається завдяки модернізації червяка,яка полягає в тому,що червяк ,який має одну зону пластикації і одну зону змішування,оснащується додатковими змішувальним пристосуваннями ,які відрізняються тим,що пристосування для зсуву екструдату включає в себе щонайменше одну ріжучу площадку,яка проходить щонайменше на третину довжини шнека екструдера,переважно більш ніж на половину довжини шнека екструдера,по його периферії.Шнек екструдера,згідно до винаходу має завантажувальну , змішувальну та дозувальну зони ,також щонайменше один гвинтовий проліт з ріжучим пристосування у вигляді ділянки або стрижня на більшу частину довжини червяка.Червяк екструдера,відповідно до винаходу, може бути представленим як однорізьбовим,так і багаторізьбовим.

Конфігурація,описана вище, має перевагу в тому,що відбувається зрушення екструдату на більшій частині червяка.Це забезпечує введення меншої кількості тепла, порівняно до звичайних стрижневих елементів.Ведення тепла в екструдат відбувається порівняно рівномірно.В той же час відбувається краще перемішування ,забезпечується більш високий рівень прохідності.Рівномірне введення тепла тертя в екструдер також гарантує ,зокрема, відсутність локальних надлишкових температур в потоці матеріалу. У модернізованому варіанті червяка, згідно до винаходу, передбачено,що ріжучу ділянку виконано у вигляді ділянки різьблення ,що розташована протилежно до прольоту шнека. Перевагою

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

буде розташування ріжучої поверхні в межах гвинтового прольоту шнека екструдера. Конфігурація ріжучого полотна забезпечує, зокрема, те, що екструдат піднімається на над пристосуванням і змішується на значній частині довжини черв'яка. У цьому випадку енергія зсуву вводиться в екструдат рівномірно на великій частині довжини шнека. Бажано, щоб ріжуча поверхня простягалася по периферії шнека екструдера. Перерва в зрізі забезпечується тільки у точках перетину шнека з прольотом. Також можуть бути передбачені, наприклад, дві або більше ріжучих майданчиків по периферії шнека екструдера, так, що ріжучі ділянки утворюють багатопролітну різьбу шнека в протилежному до основної різьби напрямку. Оснащення шнека чотирма ріжучими ділянками по відношенню до чотирьохступінчастої різьби є особливо вигідним.

Рис 4. Показаний вид подальшого варіанту модернізації шнека додатковою ріжучою частиною.

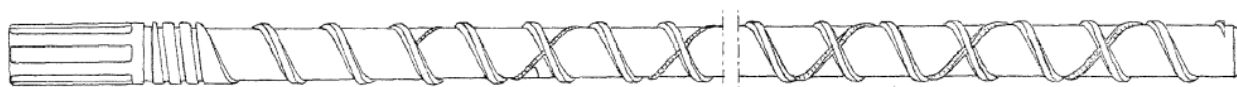


Рис. 4. Шнек екструдера з додатковою нарізкою

Також можуть бути передбачені, наприклад, дві або більше ріжучих майданчиків по периферії шнека екструдера, так, що ріжучі ділянки утворюють багатопролітну різьбу шнека в протилежному до основної різьби напрямку.

Оснащення шнека чотирма ріжучими ділянками по відношенню до чотирьохступінчастої різьби є особливо вигідним. Переважною є конструкція, в якій ріжучі ділянки розташовані симетрично до основної різьби. Модернізація шнека екструдера, згідно до винаходу, передбачає, що крок прольоту ріжучої ділянки є більшим, ніж крок основної різьби. Крок допоміжної ріжучої ділянки можна визначити як  $2x/x_2$ , якщо крок основної різьби позначити як  $x$ .

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Ріжучі ділянки можуть простягатися за завантажувальну області приблизно на всю довжину черв'яка екструдера.

На Рис.5.показаний подальший варіант виконання шнека екструдера ,виконаний з чотирма ріжучими ділянками.

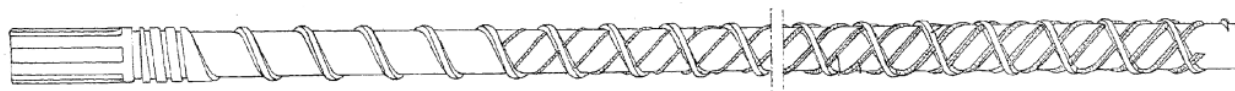


Рис.5.Шнек екструдера з чотирьма додатковими нарізками

Також вигідним є варіант шнека екструдера, згідно до винаходу, що передбачає ,що ріжучі полотна мають асиметричний профіль поперечного перерізу. Профіль бажано мати такої конфігурації, щоб прияти протіканню екструдата через ріжучі ділянки .Для досягнення цього може бути передбаченно ,що ріжуча ділянка або ділянки мають передній борт з меншим кутом нахилу ,відносно заднього .Фронтальна частина додаткової нарізки, та,на яку натікає матеріал, може бути нижчою ,відносно тилової частини,по якій матеріал стікає.

Передній борт ріжучої ділянки може мати, наприклад, кут нахилу від  $15^\circ$  до  $60^\circ$ ,тоді як задній борт може мати кут нахилу від  $30^\circ$  до  $90^\circ$ .Переважно передній край має кут нахилу близько  $30^\circ$  відносно горизонтальної або

повздожніх осьових ліній шнека екструдера, тоді як задній край має кут нахилу близько  $60^\circ$ .Червяк екструдера, згідно до винаходу, може мати додаткову змішувальну і ріжучу частини,які ,переважно,можуть утворювати зону розвантаження шнека екструдера.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

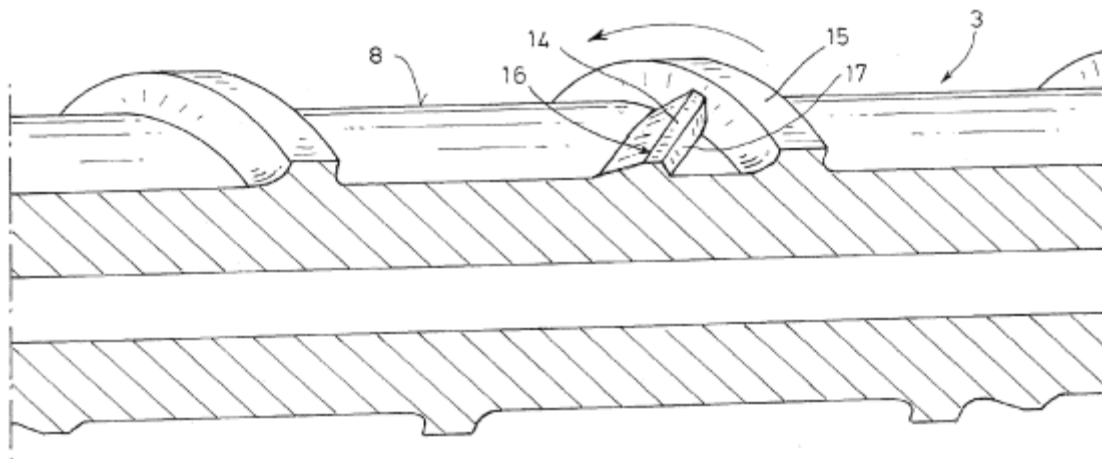


Рис. 6. Вид модернізованого черв'яка в розрізі

Для досягнення бажаної конфігурації тиску шнек екструдера, згідно винаходу, переважно має діаметр сердечника, який змінюється по довжині. Наприклад, діаметр сердечника шнека може здебільшого поетапно або безперервно збільшуватися перед завантажувальною областю, в напрямку потоку матеріалу. Однак, слід зазначити, що винахід слід інтерпретувати таким чином, що діаметр сердечника шнека екструдера також може бути постійним по довжині шнека.

Геометрію ріжучої ділянки видно в розрізі на Рис. 6. Тут також зображено потік і напрямок поток екструдату, що йде зліва направо, при цьому напрямок обертання шнека екструдера 3 у цьому поданні показано стрілкою. Ріжучі ділянки, що відносяться до ділянок 14, мають асиметричний профіль поперечного перерізу, що легко можна установити з вивчення Рис. 3., в цьому випадку це передній бік допоміжного гребня 16 у напрямку до потоку екструдату і задній бік 17, по відношенню до потоку екструдату. Передній борт скошений на кут  $30^\circ$  повздовж осьової лінії шнека екструдера 3, тоді як задній борт 17 може однаково бути ефективним під кутом від  $30^\circ$  до  $90^\circ$  по відношенню до осьової лінії, розташованої вздовж червяка 3.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Ведучий фланець 16 може також приймати будь-яке кутове значення від 15° до 60° по повздовжній осьовій лінії шнека еструдера 3. Переходи між ріжучими майданчиками 14 і серцевиною екструдерного шнека, а також між соновою різьбою 15 і серцевиною екструдерного шнека виконані у вигляді радіусів, які частково не показані на Рис. 6. з міркувань спрощення.

## 5. Охорона праці

Робота на підприємстві завжди супроводжується певними ризиками для здоров'я та життя робочого персоналу, тому охорона безпеки робітників є вкрай необхідною. Розвиток технологій автоматизування дозволив замінити небезпечну та трудомістку мануальну роботу на механізоване керування оператора, проте високий рівень відповідальності за роботу та своє та колективне здоров'я залишився.

Для забезпечення найвищого рівню захисту робітників та забезпечення допустимих умов праці є необхідними чітко визначені для даного підприємства знання про обов'язки праці та умови, вплив на фізичне та психічне здоров'я людини, засоби його збереження та мінімізування негативного впливу. Даний дипломний проєкт розглядає небезпеки і ризики роботи оператора екструдерної машини.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5.1 Загальні вимоги до оператора установки.

До самостійного обслуговування обладнання лінії екструдуювання повнолітні допускаються особи, які пройшли медичний огляд, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, навчання професії в навчальному комбінаті, які пройшли стажування на робочому місці не менше 12–15 змін під керівництвом особи, призначеної наказом, що має необхідну підготовку і стаж роботи не менше 3-х років, які пройшли перевірку знань (допуск) кваліфікованої комісією підприємства.

## 5.2 Основні фактори ризику роботи на лінії

До основних небезпек роботи оператора екструдера належать такі види:

- Обертіві деталі;
- Шум;
- Електричний струм.

## 5.3. Вимоги безпеки до початку роботи

- 1.Одягти спецодяг, спецвзуття та при необхідності інші засоби індивідуального захисту (респіратор, окуляри та ін.).
2. Перевірити наявність і справність індивідуальних захисних засобів, освітлення, засобів пожежогасіння.
3. Оглянути робоче місце, прибрати з нього все, що може заважати роботі, звільнити проходи і не захаращувати їх.Якщо підлога слизька (облитою водою, маслами і т.п.), то слід витерти його або посипати піском.
4. При змінній роботі необхідно ознайомитися з результатами роботи попередньої зміни, з'ясувати всі наявні технічні неполадки в роботі устаткування.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

5. Забороняється стояти проти вихідного отвору гвинтовий частини під час пуску, наладки та роботи екструдера.

6. Перед пуском обладнання лінії екструдювання слід переконатися, що в машинах немає сторонніх предметів, а також у справності всіх механізмів і приладів і наявності огорожень приводів.

#### **5.4 Небезпека при роботі з обертовими деталями**

1. Обертові частини і механізми повинні бути огорожені з усіх боків.

Виступаючі кінці валів повинні бути закриті глухими футлярами.

2. Забороняється: Прощтовхувати суміш руками або іншими предметами в прийомну лійку екструдера; Виробляти пуск екструдера з забитої продуктом гвинтовий частиною; Прочищати отвір вихідний втулки при працюючому екструдері. У процесі демонтажу вихідного склянки перебувати обслуговуючому персоналу перед гвинтовий частиною. Слід враховувати, що під тиском переробляється суміші вихідний стакан може бути відкинутий вперед, а гаряча суміш потрапити в очі та обличчя.

Демонтаж проводити після охолодження гвинтовий частини до температури не більше 40 0С; Виробляти розбирання гвинтовий частини при температурі вище 90 0С без термостійких рукавиць.

3. При обслуговуванні сепаратора: а) очистку сит проводити за допомогою ручної щітки , при цьому не ставати на огороження або станину;

б) прибирання під сепаратором виробляти щіткою з довгою ручкою;

в) при виникненні дисбалансу ексцентрикового приводу валу і ситового кузова і появу значної вібрації машину слід зупинити і відбалансувати;

г) не слід під час роботи сепаратора ставати на ситовечний кузов, очищати руками осадові камери;

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4. Приводні вали редуктори, муфти, що приводять у рух шлюзові затвори, повинні бути надійно огорожені.
5. Опробування обертання крильчатки шлюзового затвора повинно проводитися від руки за кінець вала , обертання крильчатки за лопаті забороняється.
6. При попаданні в шлюзовий затвор стороннього предмети або його завалу продуктом, вилучення стороннього предмета або ліквідація завалу повинні проводитися після відключення електродвигуна від ел. мережі та повної зупинки обертання крильчатки.
7. Стаціонарні ланцюгові транспортери і шнеки повинні бути укладені в міцні короба зі знімними кришками. Кришки повинні бути закриті. Під знімними кришками повинні бути встановлені запобіжні ґрати. Робітники повинні пам'ятати, що відкриті люки не тільки сприяють запиленню цеху, але і створюють небезпеку випадкового потрапляння рукою або ногою в робочу зону ланцюгового транспортера або шнека, що може бути причиною травми.
8. При завалі ланцюгового транспортера, шнека або потрапляння в них стороннього предмета, вилучення предмета або ліквідацію завалу машини можна робити тільки при повній зупинці машини. Завал норії можна ліквідувати тільки після повної її зупинки спеціальним скребком.

### **5.3 Небезпека враження електричним струмом**

1. Перед використанням в роботі механізму або пристосування, необхідно переконатися в його справності, при роботі з електрообладнанням – перевірити надійність захисного заземлення, відповідно до ДСТУ 7237:2011
2. Перевірити справність обладнання, температуру підшипників, електродвигунів, навантаження: - наявність і справність огорожень приводів; - Зовнішня оглядом перевірити справність електроапаратури та приводів , засобів сигналізації; справність електроосвітлення, засобів заземлення;

					<b>ЛП72.021443.01-70ПЗ</b>	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

-Роботу аспіраційних мереж, відповідно до ДСТУ EN 60204-1:2015

3. Вмикачі, контактори, магнітні пускачі, рубильники, пускорегулюючі прилади тощо, а також запобіжники повинні мати написи, що зазначають, до якого електродвигуна вони відносяться.

4. Продуваємі електродвигуни, встановлені в запилених приміщеннях, повинні мати підвід чистого повітря ззовні.

5. Виводи статорної і роторної обмоток і кабельної воронки повинні бути огорожені.

6. Захист електродвигунів повинен передбачати автоматичне відключення останніх від мережі при перевантаженні. При спрацьовуванні захисту пуск електродвигуна дозволяється тільки тоді, коли з'ясована і усунена причина автоматичного відключення.

7. Плавкі вставки запобіжників повинні бути калібровані з зазначенням на клеймі номінального струму вставки. Клеймо повинно бути поставлено заводом-виготовлювачем чи електротехнічною лабораторією. Застосовувати некалібровані вставки забороняється.

8. Для спостереження за пуском і роботою електродвигунів потужністю від 50кВт і вище біля місць пуску повинен бути встановлений амперметр.

Синхронні електродвигуни, крім того, повинні мати амперметр і в мережі збудження. Для контролю напруги на групових щитах управління повинні бути встановлені вольтметри.

9. Біля електродвигунів потужністю менше 50кВт установка амперметра обов'язкова в тому випадку, якщо обслуговуючий персонал регулює навантаження машини залежно від навантаження електродвигуна.

10. Живлення світильників аварійного освітлення здійснюється від незалежних джерел живлення. Потрібно передбачити наявність у кожного працівника ліхтарика. При експлуатації двигунів власних потреб напругою 0,4 кВ пожежну

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

небезпеку обумовлює наявність горючих ізоляційних матеріалів, а також наявність масла в системі змащення підшипників кочення електродвигунів.

#### 5.4. Небезпека впливу виробничого шуму

Основними джерелами шуму є електродвигун та обертові елементи

1. Рівень виробничого шуму не повинен перевищувати 80 дБА. Для забезпечення допустимого рівню шуму робітник повинен використовувати та завчасно перед початком роботи одягти особисті звукозахисні засоби та звукоізолюючий чохол за його наявності. До індивідуальних засобів захисту від шуму належать протишумові навушники ПШН-Б які призначені для захисту від дії середньо- та високочастотного шуму з рівнем до 115 дБА, протишумові вкладки, шумозаглушувальні шоломи.

2. Для зниження рівню шуму електродвигуна робочий механік повинен перевірити та запевнитись у :

- а) Придатності підшипник ротора;
- б) Прямолінійності осі лінії валу ротора.

3. При підвищенні рівню шуму ,отриманого від дії робочих органів ,для його зниження механік повинен перевірити та запевнитись у:

- а) Точності налаштування передаточних передач;
- б) Придатність передатного підшипника;
- в) Паралельність налаштування трансмісійних валів.

4. За підвищеного рівня шуму роботи на підприємстві необхідно встановити звукопоглинання у виробничих приміщеннях забезпечують облицюванням поверхні стін, стелі звукопоглинальними (пухкими, пористими, ніздрюватими тощо) матеріалами у вигляді плит, полотен, блоків та ін.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Звукопоглинальне облицювання зменшує в приміщенні тільки рівень шуму, відбитого від стін, а не від його джерела. Але при цьому відбитий шум може бути зменшений на 6-8 дБ.

.5. Вибір ІЗЗ обумовлюється видом та характеристикою шуму на робочому місці. З використанням індивідуальних засобів захисту фактичний рівень шуму:

- робоча зона 65 дБА;

- приміщення управління 45дБА;

Відповідно до установлених санітарних норм ,згідно до ДСТУ 2867-94.

### 5.5. Вплив та захист від виробничої вібрації

Вібрація - Рух матеріальної точки або механічної системи, при якому чергове зростають і спадають за часом значення величини, що характеризує цей рух,згідно до ДСТУ 2300-93.

Джерела інтенсивного шуму і вібрації - машини та механізми з невірноваженими обертовими масами, а також технологічні установки і апарати, в яких рух газів і рідин відбувається з великими швидкостями і має пульсуючий характер.

На підприємстві рівень вібрації повинен лежати в межах від 30 до 40 Гц,з максимальним допустимим рівнем у 50 Гц з амплітудою коливань у діапазоні 0,016-0,050

Для зниження впливу віброуючих машин і обладнання на організм людини підприємство зобов'язане втілити таким шляхом:

1.До початку роботи оператор та інші особи,що безпосередньо задіяні у роботі устаткування повинні одягти особисті захистні засоби ,за їх наявності.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.Здійснити заміни інструменту або обладнання з вібруючими робочими органами на невібруючий процесах, де це можливо (наприклад, заміна електромеханічних касових машин на електронні);

3.Застосування віброізоляції вібруючих машин щодо підстави (наприклад, застосування ресор, гумових прокладок, пружин, амортизаторів); • використання дистанційного керування в технологічних процесах (наприклад, використання телекомунікацій для управління вібротранспортером з сусіднього приміщення);

4.Ввести використання автоматики в технологічних процесах, де працюють вібруючі машини (наприклад, управління по заданій програмі); Відповідно до вимог нормативних документів для працівників вібронебезпечним професій повинен бути передбачений змінний режим праці та відпочинку:

-загальний час контакту з вібруючими машинами, вібрація яких відповідає санітарним нормам, не повинно перевищувати 2/3 тривалості робочого дня; • виробничі операції повинні розподілятися між працівниками так, щоб тривалість безперервного впливу вібрації, включаючи мікропаузи, не перевищувала 15 - 20хв .

## 5.6. Пожежна безпека

Згідно до ДСТУ 8828 2019, Пожежна безпека об'єкта захисту повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, комплексом протипожежного захисту та системою управління пожежною безпекою об'єкта. Пожежна безпека об'єкта характеризується рівнем пожежної безпеки людей (запобігання впливу на них небезпечних чинників пожежі) та/або матеріальних цінностей, а

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

також економічним ефектом витрат на її забезпечення, і повинна виконувати одну з таких задач:

- мінімізувати ймовірність виникнення пожежі;
- забезпечувати пожежну безпеку людей; ДСТУ 8828:2019 3
- забезпечувати пожежну безпеку матеріальних цінностей;
- забезпечувати пожежну безпеку людей і матеріальних цінностей одночасно.

1. Всі співробітники допускаються до роботи тільки після проведення протипожежного інструктажу і проходження пожежно-технічного мінімуму, згодом протипожежний інструктаж проводиться не рідше 2 разів на рік фахівцем, відповідальним за пожежну безпеку. Інструктаж проводиться по знанню і дотримання Інструкції про заходи пожежної безпеки (вступний), а подальше навчання по додатково розробляється тематиці, яка записується в спеціальний журнал

2. Працівнику не дозволяється залишати своє робоче місце; це допускається тільки з дозволу безпосереднього керівника.

3. Для попередження опіків головки екструдерів повинні мати надійну теплоізоляцію зовнішніх поверхонь з тим, щоб температура їх поверхонь не перевищувала 45 (0) С. 3.9. Місця можливих викидів розплавленого матеріалу пластмас (наприклад, зона головки екструдера) повинні бути обладнані захисними екранами.

4. Чищення і змащення рухомих частин обладнання екструдера можна робити тільки при повній його зупинці і вимкненому електродвигуні.

5. Забороняються демонтаж і будь-які маніпуляції з захисними і запобіжними пристроями.

6. При експлуатації систем вентиляції та кондиціонування повітря забороняється закривати витяжні канали, отвори й решітки.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

7. Встановлення охоронної та пожежної автоматики повинні перебувати в справному стані. Перевірка включення, технічне обслуговування та планово-попереджувальний ремонт автоматичних систем протипожежного захисту (систем оповіщення людей про пожежу, пожежогасіння, протидимного захисту) повинні виконуватися згідно з договорами і здійснюватися відповідно до річного плану-графіка і термінами проведення перевірок і ремонтних робіт.

8. Плани (схеми) евакуації людей (розроблені і вивішені на видних місцях) у разі пожежі відпрацьовувати не рідше одного разу на рік, а з метою забезпечення безпечної та швидкої евакуації людей проводити практичні тренування. Оповіщення людей про пожежу при проведенні тренувань проводити голосом, не допускаючи паніки.

9. Приміщення та будівлі повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками вуглекислотними) з розрахунку не менше 2-х на поверх і не менше одного на кожні 200 кв.м площі приміщень, а також пожежними гідрантами і протипожежним інвентарем відповідно до Правил протипожежного режиму і переліками, затвердженими відповідними органами місцевого самоврядування.

10. Вогнегасники, відправлені на перезарядку, повинні замінюватися відповідною кількістю заряджених вогнегасників.

## **6. Очікувані механіко-економічні показники та висновки**

Очікувано, модернізація екструзійного агрегату, зокрема черв'яка призводить до поліпшення робочих характеристик, та, як висновок, підвищення економічної доцільності роботи та обслуговування машини.

Часто шнекові екструдери оснащують нагрівальними стрічками, але значна частина термопласта нагрівається за рахунок енергії тепла тертя.

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Це призводить до значного підвищення тиску, в результаті чого в екструдаті короткої частини шнека утворюється

надмірне виділення тепла від тертя. Підвищується температура розплаву, що, зазвичай, не бажано. Підвищення температури та тиску призводить до передчасного зносу деталей. Тож бажано чітко регулювати фрикційне тертя і сам температурний режим. Крім позитивного ефекту підвищення ефективності змішування, додаткові змішувальні елементи також знижують пропускну здатність екструдера, що, в свою чергу, знизує продуктивність і підвищує затрати на утримання машини.

План модернізації і метою винаходу є поліпшення додаткових пристосувань, та зменшення впливу вищезгаданих недоліків. Оснащення шнека чотирма ріжучими ділянками по відношенню до чотирьохступінчастої навивки є особливо вигідним. Дана модернізація підвищує продуктивність, ефективність роботи екструдера та зменшує знос черв'яка, завдяки перерозподіленню навантаження, призводячи до поліпшення економічних показників.

## Розділ 2

### Розрахунки

#### 1.1. Розрахунок геометрії черв'яка

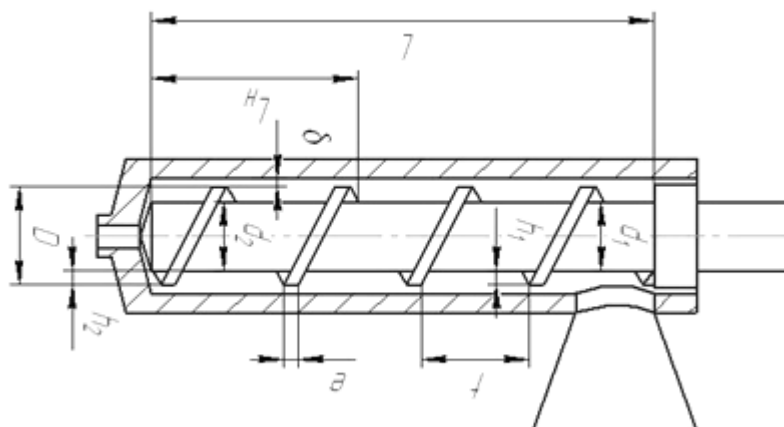
Черв'як є основним вузлом черв'ячної преса і призначений для транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної горловини до формуючої головки, а також для пластикації гранул, ретельного перемішування розплаву і набору необхідного тиску для видавлювання з головки.

Діаметр черв'яка є одним з основних параметрів, що характеризують продуктивність черв'ячної машини.

У представленій лінії використовується екструдер з черв'яком діаметром  $D=125$  мм, відношення довжини робочої частини до його діаметра  $L/D=25$ .

					ЛП72.021443.01-70ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Інші параметри черв'яка вибираються в залежності від матеріалу, що переробляється. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є поліетилен і базові параметри черв'яка обчислюються виходячи з залежностей представлених нижче. Оскільки поліетилен відноситься до 3 групи то залежності матимуть наступний вигляд.



Проводимо розрахунок геометрії черв'яка згідно з [5] :

Робоча довжина черв'яка:

$$L = D \cdot (L/D) = 35 \cdot 25 = 875 \text{ мм.}$$

1. Довжина шліцевої частини черв'яка:

$$L_{\text{шл}} = (1.25 \dots 1.5)D = 1.27 \cdot 35 = 44.5 \text{ мм.}$$

2. Довжина підшипника циліндричної частини черв'яка<sup>7</sup>

$$L_n = (1.5 \dots 2)D = 1.7 \cdot 35 = 60 \text{ мм.}$$

3. Довжина нарізної відбійної частини черв'яка:

$$L_H = 0.3D = 0.3 \cdot 35 = 10.5 \text{ мм.}$$

4. Довжина хвостової частини черв'яка:

$$L_{\text{хв}} = L_{\text{шл}} + L_n + L_H = 44.5 + 60 + 10.5 = 115 \text{ мм}$$

5. Загальна довжина черв'яка:

$$L_0 = L + L_{\text{хв}} = 875 + 115 = 990 \text{ мм}$$

6. Довжина зони дозування  $L_d$ :

$$L_d = 0.4 \div 0.6 L = 0.4 \cdot 875 = 350 \text{ мм.}$$

7. Довжина зони завантаження  $L_z$ :

$$L_z = 0.25 \div 0.35 L = 0.28 \cdot 875 = 245 \text{ мм}$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

8. Довжина зони пластикації  $L_{\text{п}} > 0.2 L$ :

$$L_{\text{п}} = L - L_{\text{д}} - L_{\text{з}} = 875 - 35 - 245 = 280 \text{ мм}$$

$$280 > 0.2 \cdot 875 = 175 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

9. Крок нарізки витків  $t$  (в середньому  $t = D$ ):

$$t = 0.8 \div 1.2 D = 1 \cdot 35 = 35 \text{ мм.}$$

10. Ширина витка  $e$ :

$$e = 0.08 \div 0.12 D = 0.1 \cdot 35 = 35 \text{ мм.}$$

11. Глибина нарізки в зоні завантаження  $h_1$ :

$$h_1 = 0.1 \div 0.14 D = 0.1 \cdot 35 = 3.5 \text{ мм.}$$

12. Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження  $d_1$ :

$$d_1 = D - 2 h_1 = 35 - 2 \cdot 12.5 = 28 \text{ мм.}$$

13. Глибина нарізки в зоні дозування  $h_2$ :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[ D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[ 35 - \sqrt{35^2 - \frac{4 \cdot 3,5}{2,5} (35 - 3,5)} \right] \\ = 1.3 \text{ мм}$$

де  $i$  – коефіцієнт стиснення, звичайно рівний 2 - 3 для різних матеріалів.

приймаємо  $i=2,5$ .

9. Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування  $d_2$ :

$$d_2 = D - 2 h_2 = 35 - 2 \cdot 1.3 = 32.4 \text{ мм.}$$

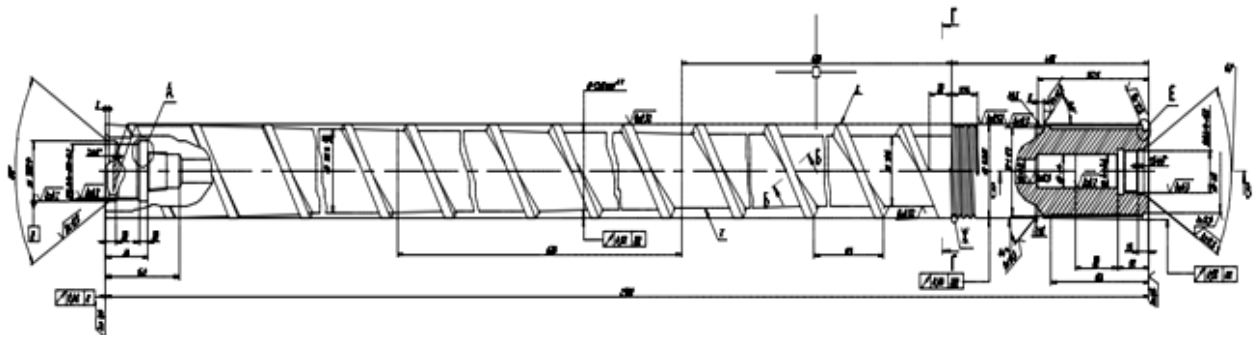
10. Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу  $\delta$

$$0.1 \text{ мм} < \delta < 0.3 \text{ мм}$$

$$\delta = 0.002 \div 0.003 D = 0.002 \cdot 35 = 0,07 \text{ мм.}$$

Розрахований черв'як зображено на кресленні

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



## 1.2. Розрахунок формуючої головки

Мета: розрахунок і визначення таких розмірів головки (рис..4.3.) та тиску, котрі забезпечують максимальну продуктивність.

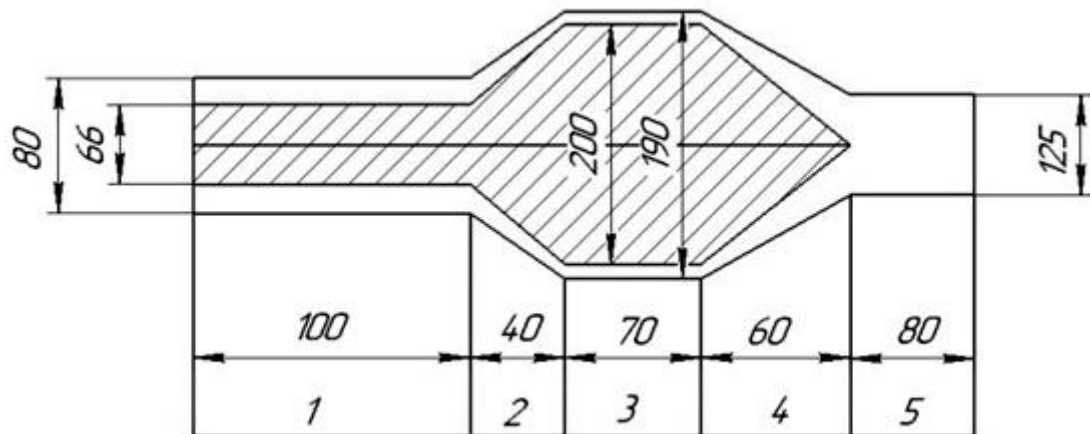


Рис.4.3. розрахункова Схема формуючої головки.

Розглядаємо окремо кожний канал головки, в яких рухається матеріал:

Визначаємо коефіцієнт геометричної форми кожні з ділянок формуючої головки

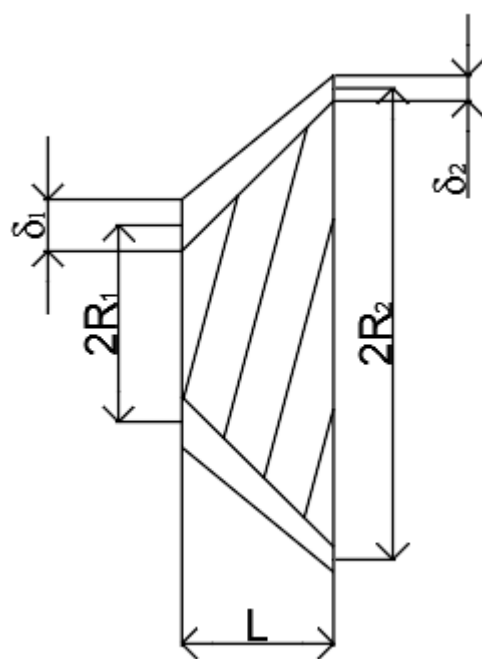
1-й канал круглий кільцевий

$$K_1 = \frac{\pi}{8L} \left[ R_H^4 - R_B^4 - \frac{(R_H^2 - R_B^2)^2}{\ln \frac{R_H}{R_B}} \right] = \frac{\pi}{8 \cdot 100} \left[ 40^4 - 33^4 - \frac{(40^2 - 33^2)^2}{\ln \frac{40}{33}} \right] =$$

$$65.5 \text{ мм}^3$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $L=100$  мм,  $R_H=40$  мм,  $R_B=33$  мм.



2-й канал конічний кільцевий

$\delta_1=7$  мм,

$R_1=36.5$  мм,

$\delta_2=5$  мм,

$R_2=97.5$  мм,

$L=40$  мм

$$K_2 = \frac{\pi(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)}{6Lm_0},$$

де  $m_0$  – коефіцієнт, який розраховується

по формулі:

$$\begin{aligned} m_0 &= \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} \\ &= \frac{2.3(36.5 - 97.5)^2}{(36.5 \cdot 5 - 97.5 \cdot 7)^2} \lg \frac{36.5 \cdot 5}{97.5 \cdot 7} - \frac{(36.5 - 97.5)(7 - 5)}{(36.5 \cdot 5 - 97.5 \cdot 7)7 \cdot 5} \\ &\quad - \frac{7^2 - 5^2}{2 \cdot 7^2 \cdot 5^2} = -0.0366 \end{aligned}$$

Тоді:

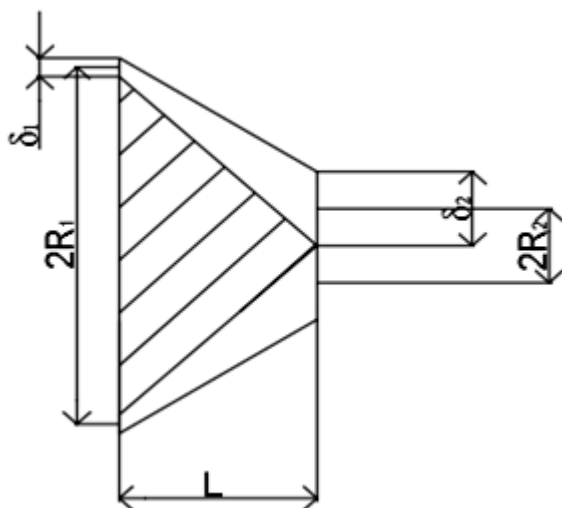
$$K_2 = \frac{\pi(36.5 \cdot 5 - 97.5 \cdot 7)}{6 \cdot 40 \cdot (-0.0366)} = 178.7 \text{ мм}^3$$

3-й канал круглий кільцевий

$$\begin{aligned} K_3 &= \frac{\pi}{8L} \left[ R_H^4 - R_B^4 - \frac{(R_H^2 - R_B^2)^2}{\ln \frac{R_H}{R_B}} \right] \\ &= \frac{\pi}{8 \cdot 70} \left[ 100^4 - 95^4 - \frac{(100^2 - 95^2)^2}{\ln \frac{100}{95}} \right] = 104.7 \text{ мм}^3 \end{aligned}$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк. 32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $L = 70$  мм,  $R_H = 100$  мм,  $R_B = 95$  мм.



4-й канал конічний кільцевий

$$\delta_2 = 62.5 \text{ мм,}$$

$$R_2 = 31.25 \text{ мм,}$$

$$\delta_1 = 5 \text{ мм,}$$

$$R_1 = 97.5 \text{ мм,}$$

$$L = 60 \text{ мм}$$

$$K_4 = \frac{\pi(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)}{6Lm_0},$$

де  $m_0$  – коефіцієнт, який розраховується по формулі:

$$\begin{aligned} m_0 &= \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} = \\ &= \frac{2.3(97.5 - 31.25)^2}{(97.5 \cdot 62.5 - 31.25 \cdot 5)^2} \lg \frac{97.5 \cdot 62.5}{31.25 \cdot 5} - \\ &- \frac{(97.5 - 31.25)(5 - 62.5)}{(97.5 \cdot 62.5 - 31.25 \cdot 5)5 \cdot 62.5} - \frac{5^2 - 62.5^2}{2 \cdot 62.5^2 \cdot 5^2} = 0.0223 \end{aligned}$$

Тоді

$$K_4 = \frac{\pi(97.5 \cdot 62.5 - 31.25 \cdot 5)}{6 \cdot 60 \cdot 0.0223} = 2223 \text{ мм}^3$$

5-й канал круглий циліндричний

$$K_5 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{\pi 125^4}{128 \cdot 80} = 74863 \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт геометричної форми головки:

$$\frac{1}{K_{3г}} = \frac{1}{K_1} + \dots + \frac{1}{K_n} = \frac{1}{65.5} + \frac{1}{178.7} + \frac{1}{104.7} + \frac{1}{2223} + \frac{1}{74863} = 0.031 \text{ мм}^{-3}$$

										ЛП72.021443.02-70PP	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат							

$$K_{зг} = \frac{1}{0.031} = 32.3 \text{ мм}^3$$

Розраховану формулюю головку зображено на кресленні  
ЛП51.13.7242.002-70.

### 1.3. Розрахунок продуктивності преса ЧП-125 при переробці ПС

Продуктивність черв'ячного преса розраховується за формулою:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K_{зг} \cdot \frac{n}{60}}{K_{зг} + \beta + \gamma}$$

де  $n = 40$  - число обертів черв'яка, об/хв.

$K_{зг} = 32.3$  - коефіцієнт геометричної форми головки,  $\text{мм}^3$ .

$\alpha$  - коефіцієнт прямого потоку,  $\text{м}^3$

$\beta$  - коефіцієнт зворотного потоку,  $\text{м}^3$

$\gamma$  - коефіцієнт потоку втрат,  $\text{м}^3$

Коефіцієнти розраховуються по формулам:

$$\alpha = \frac{\pi^3(t-\varepsilon e)\sigma}{a+t^2b}, \text{ де } \sigma = 1 + \frac{D^2}{2h_2^2}, a = \frac{\pi^3}{h_2^2} \left( \frac{D}{h_2^2} - 1 \right), b = \frac{h_2+D}{D^2h_2^3}, \beta = \frac{\pi t(t-e)}{12L_d(a+t^2b)},$$

$$\gamma = \frac{\pi D \delta^3 t^2}{10eL_d \sqrt{\pi^2 D^2 - t^2}}$$

$t = 35$  - крок витків, мм.

$h_2 = 1.3$  - глибина каналу в зоні дозування, мм.

$\varepsilon = 1$  - число заходів (однозаходний)

$e = 3.5$  - ширина витка, мм.

$\rho = 1040$  - густина ПС,  $\text{кг/м}^3$ .

Тоді:

$$\sigma = 1 + \frac{35^2}{2 \cdot 1.3^2} = 363.42, \quad a = \frac{\pi^3}{1.3} \left( \frac{35}{1.3^2} - 1 \right) = 3.61 \text{ мм}^{-2}, \quad b = \frac{1.3+35}{35^2 \cdot 1.3^3} = 0.013 \text{ мм}^{-4}$$

Знаходимо коефіцієнти  $\alpha, \beta, \gamma$ :

					ЛП72.021443.02-70РР	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$\alpha = \frac{\pi^3(35 - 1 \cdot 3.5) \cdot 363.42}{3.61 + 35^2 \cdot 0.013} = 18140 \text{ мм}^3;$$

$$\beta = \frac{35 \cdot \pi(35 - 3.5)}{12 \cdot 350(3.61 + 35^2 \cdot 0.013)} = 0.042 \text{ мм}^2;$$

$$\gamma = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 0,07^3 \cdot 35^2}{10 \cdot 12.5 \cdot 350 \sqrt{\pi^2 35^2 - 35^2}} = 0.000517 \text{ мм}^2;$$

Тоді продуктивність:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K_{зг} \cdot \frac{n}{60}}{K_{зг} + \beta + \gamma}$$

$$Q = \frac{18140 \cdot 32.3 \cdot \frac{40}{60}}{32.3 + 0.042 + 0.000517} = 12080 \text{ мм}^3/\text{с} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с},$$

При перерахунку продуктивності на кг/с, отримаємо вагову продуктивність:

$$\Pi = Q \cdot \rho = 3600 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 1040 = 44.9 \text{ кг/год.}$$

Розрахункова продуктивність преса при  $n=40$  об/хв  $\Pi = 45$  кг/год.

#### 1.4. Розрахунок перепаду тиску в головці

Знаходимо значення швидкості зсуву в кожному каналі головки:

Круглий кільцевий

$$\gamma_1 = \frac{22.33Q}{\pi(R_H + R_{ВН})(R_H - R_{ВН})^2} = \frac{22.33 \cdot 12080}{\pi \cdot (40 + 33)(40 - 33)^2} = 24 \text{ с}^{-1}$$

Конічний кільцевий

$$\gamma_2 = \frac{22.33Q}{\pi(R_0 + R_1)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.33 \cdot 12080}{\pi \cdot (97.5 + 36.5)(7 + 5)^2} = 4.5 \text{ с}^{-1}$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Круглий кільцевий

$$\gamma_3 = \frac{22.33Q}{\pi(R_H + R_{BH})(R_H - R_{BH})^2} = \frac{22.33 \cdot 12080}{\pi \cdot (100 + 95)(100 - 95)^2} = 17.6 \text{ c}^{-1}$$

Конічний кільцевий

$$\gamma_4 = \frac{22.33Q}{\pi(R_0 + R_1)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.33 \cdot 12080}{\pi \cdot (97.5 + 31.25)(62.5 + 5)^2} = 0.15 \text{ c}^{-1}$$

Круглий циліндричний

$$\gamma_5 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 12080}{\pi \cdot 125^3} = 0.063 \text{ c}^{-1}$$

По графіку залежності  $\mu = f(\gamma)$ [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу на кожній ділянці головки :

$$\mu_1 = 0.9 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad \mu_2 = 5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad \mu_3 = 1 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_4 = 8 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad \mu_5 = 8 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Тоді перепад тиску в кожному каналі головки буде:

$$P_i = \mu_i \cdot Q \cdot \frac{1}{K_i}$$

$$P_1 = 0.9 \cdot 10^3 \cdot 65.5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{65.5} = 0.9 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_2 = 5 \cdot 10^3 \cdot 65.5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{178.7} = 1.8 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_3 = 1 \cdot 10^3 \cdot 65.5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{104.7} = 0.62 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_4 = 8 \cdot 10^3 \cdot 65.5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2223} = 0.24 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_5 = 8 \cdot 10^3 \cdot 65.5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{74863} = 0.007 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Загальний перепад тиску в головці:

$$\Delta P_r = (0.9 + 1.8 + 0.62 + 0.24 + 0.007) \cdot 10^6 = 3.6 \text{ МПа}$$

### 1.5. Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-125

Мета розрахунку: визначити потужність, що витрачається на переробку полістиролу.

I. В каналі гвинтової нарізки.

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L_d \cdot J \cdot \mu_K \cdot n^2}{36t} + \frac{10^{-5} \cdot \alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6}$$

$n = 40$  – швидкість обертання черв'яка, об/хв

$\Delta P_r = 3.6$  – перепад тиску в головці, МПа

$\alpha = 158776.5$  – постійна прямого потоку,  $\text{мм}^3$

$\mu_K$  – в'язкість матеріалу в каналі,  $\text{Па} \cdot \text{с}$

$L_d = 350$  – довжина зони дозування, мм

J-коефіцієнт, обчислюється за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{\pi^2 \cdot 35^2 - 4 \cdot 35^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot 35^5}{35^2 + \pi^2 \cdot 35^2} = 729$$

Знайдемо значення  $\gamma_K$  швидкість зсуву в каналі екструдера:

$$\gamma_K = \frac{\pi^2 D^2 n}{60 h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2t^2}} = \frac{\pi^2 35^2 40}{60 \cdot 1.3 \sqrt{\pi^2 \cdot 35^2 + 2 \cdot 35^2}} = 51 \text{ с}^{-1}$$

По графіку залежності  $\mu = f(\gamma)$  [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_K = 1 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Тоді потужність в каналі:

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L_d \cdot J \cdot \mu_K \cdot n}{36t} + \frac{10^{-5} \cdot \alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6}$$

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (35 - 3.5) \cdot 350 \cdot 729 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 40}{36 \cdot 35} + \frac{10^{-5} \cdot 158776.5 \cdot 3.6 \cdot 40}{6} =$$

$$= 38 \text{ кВт}$$

II. В зазорі між гребнями черв'яка і корпусом екструдера.

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 e \cdot L \cdot D^3 \cdot \mu_K \cdot n^2}{36t\delta}$$

Знайдемо значення швидкості зсуву:

$$\gamma_3 = \frac{\pi D n}{60 \cdot \delta} = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 40}{60 \cdot 0.07} = 1047 \text{ с}^{-1}$$

По графіку залежності  $\mu = f(\gamma)$  [4] знаходимо ефективну в'язкість матеріалу в каналі:

$$\mu_3 = 100 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Потужність в зазорі:

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 \cdot 3.5 \cdot 350 \cdot 35^3 \cdot 200 \cdot 40^2}{36 \cdot 35 \cdot 0.07} = 0.6 \text{ кВт}$$

Загальна потужність, що використовується в зоні дозування дорівнює:

$$N_d = N_1 + N_2 = 38 + 0.6 = 38.6 \text{ кВт}$$

Потужність споживання на всій довжині черв'яка дорівнює:

$$N_{\text{ч}} = 2N_d = 2 \cdot 38.6 = 77.2 \text{ кВт}$$

Враховуючи КПД машини ( $\eta = 0.65 \dots 0.85$ ), то потужність дорівнює:

$$N_d = \frac{N}{\eta} = \frac{77.2}{0.85} = 91 \text{ кВт}$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

По отриманим розрахункам вибираємо асинхронний двигун типу АІР315S6 по ГОСТ 19523-74 потужністю N=110 кВт; з синхронною частотою обертання – 1000 об/хв; габаритні розміри якого 1360x722x680 мм.

## 1.6 Розрахунки на міцність

### 1.6.1 Розрахунок черв'яка на стиск

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

- осьове зусилля  $P_{oc}$ ;
- рівномірно розподілене навантаження від власної ваги  $q$ ;
- обертальний момент  $M_{об}$ .

Схема навантаження черв'яка та епюри напружень зображені на рис.4.1.3.

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 91}{40} = 21.7 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

де N=91 –потужність, яка споживається черв'яком, кВт;

n =40 - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 21.7 \cdot 10^3}{0.035} = 12 \text{ кН}$$

де D=0,35 - зовнішній діаметр черв'яка, м;

$\varphi = 18,19^\circ$  - кут підйому нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9.81G}{l_p} = \frac{9.81 \cdot 180}{0.87} = 203 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $G \approx 180$  - маса черв'яка, кг;

$l_p=0.87$  - довжина робочої частини, м

$$M_{max} = 0.5ql_p^2 = 0.5 \cdot 203 \cdot 0.87^2 = 77 \text{ Н}$$

$W_x$ - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.035^3(1 - 2.9^4)}{32} = 4.1 \cdot 10^{-6}$$

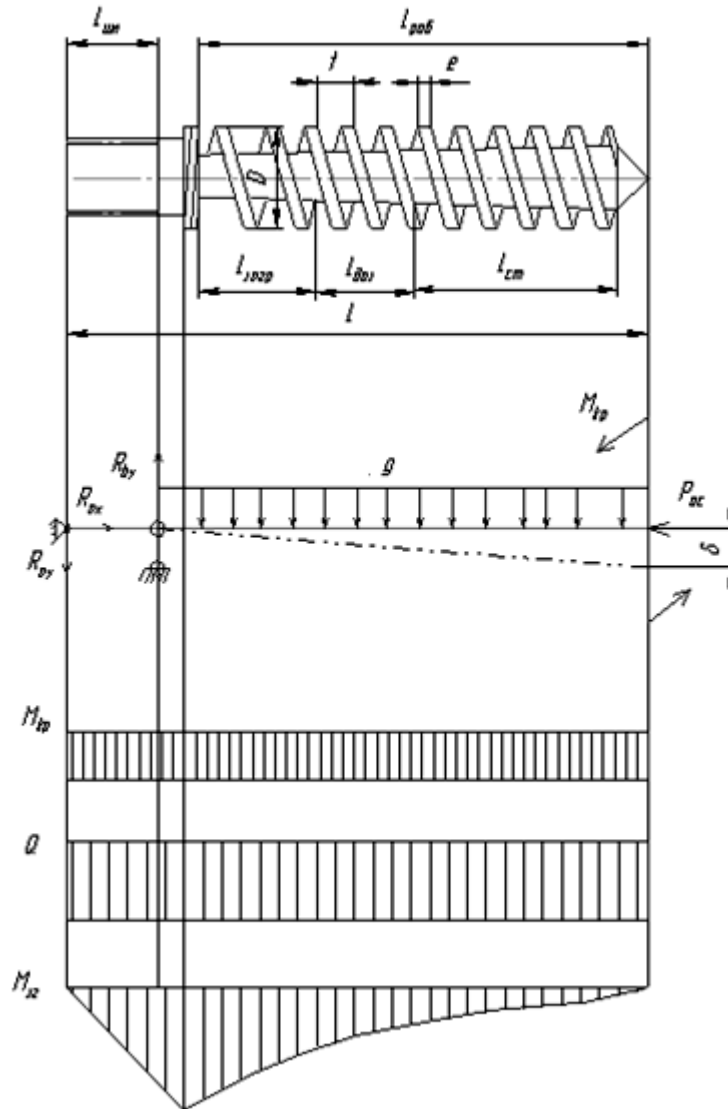


Рис. 4.1.3 Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Стисне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{12 \cdot 10^3}{9.5 \cdot 10^{-2}} + \frac{77}{4.1 \cdot 10^{-6}} = 19 \text{ МПа}$$

										ЛП72.021443.02-70РР	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат							

де  $F$ - площа небезпечного перерізу (під завантажувальною воронкою в місці початку нарізки, де найбільші навантаження і найменша площина, без урахування площі перерізу витків):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2 (1 - \alpha^4)}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.035^2 (1 - 0.3^4)}{4} = 9.5 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{1}{0.35} = 0.3$$

$d_0$ -діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{21.7 \cdot 10^3}{8.4 \cdot 10^{-6}} = 26 \text{ МПа}$$

де  $W_p$ - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3.14 \cdot 0.035^3 (1 - 0.3^4)}{16} = 8.4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{19 + 4 \cdot 26^2} = 51 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу :

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{екв}} = \frac{700}{51} = 13.7$$

Матеріал черв'яка сталь 40Х, для якої  $\sigma_t = 700$  МПа. Умова міцності черв'яка виконується.

### 1.6.2 Розрахунок черв'яка на міцність у програмному забезпеченні Ansys

Для розрахунку було використано програмне забезпечення у вигляді програми ANSYS .Було створено модель модернізованого черв'яка за допомогою програмного забезпечення Solid Works.

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

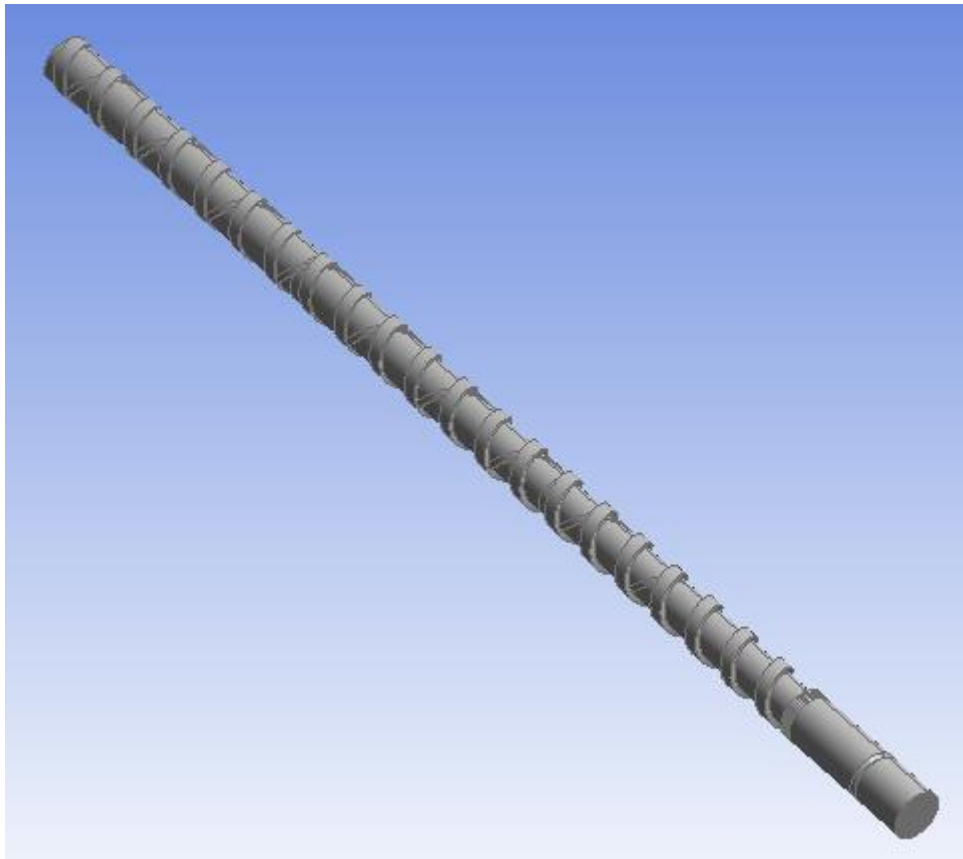


Рис.7.1 3-вимірна модель черв'яка екструдера з модернізацією

Розрахунок проведений за допомогою методу скінчених елементів. У програмному забезпеченні ANSYS генеруємо сітку.

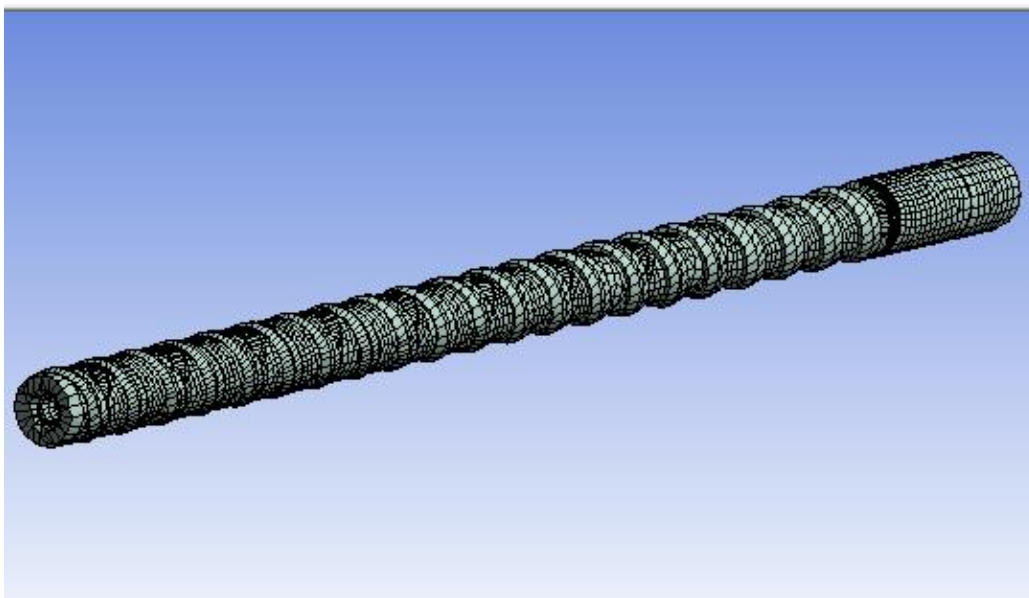


Рис.7.2.Сітка скінчених елементів

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Закріплюємо вал та ,задаємо навантаження ,отримане від напруження потоку екструдату.

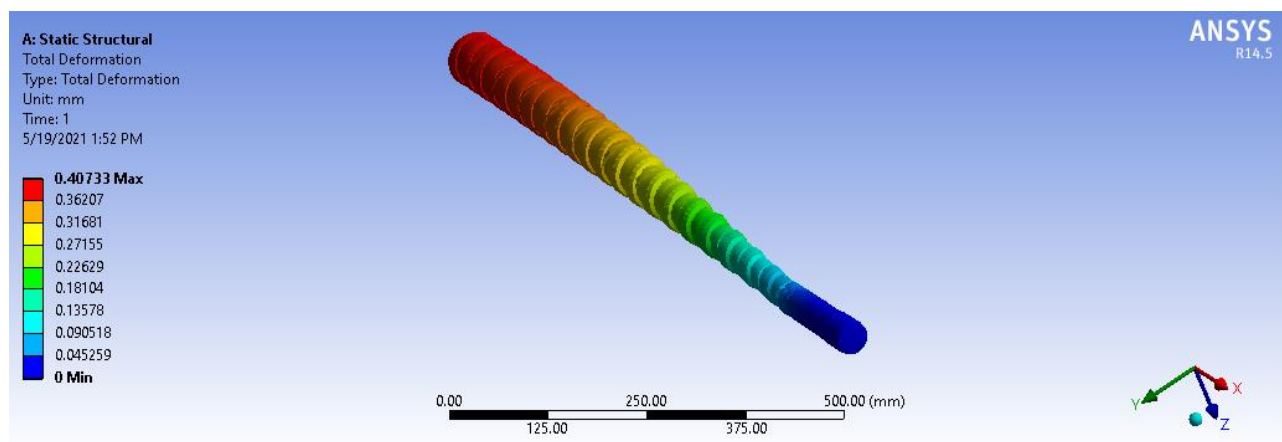


Рис.7.3.Поле загальних переміщень моделі

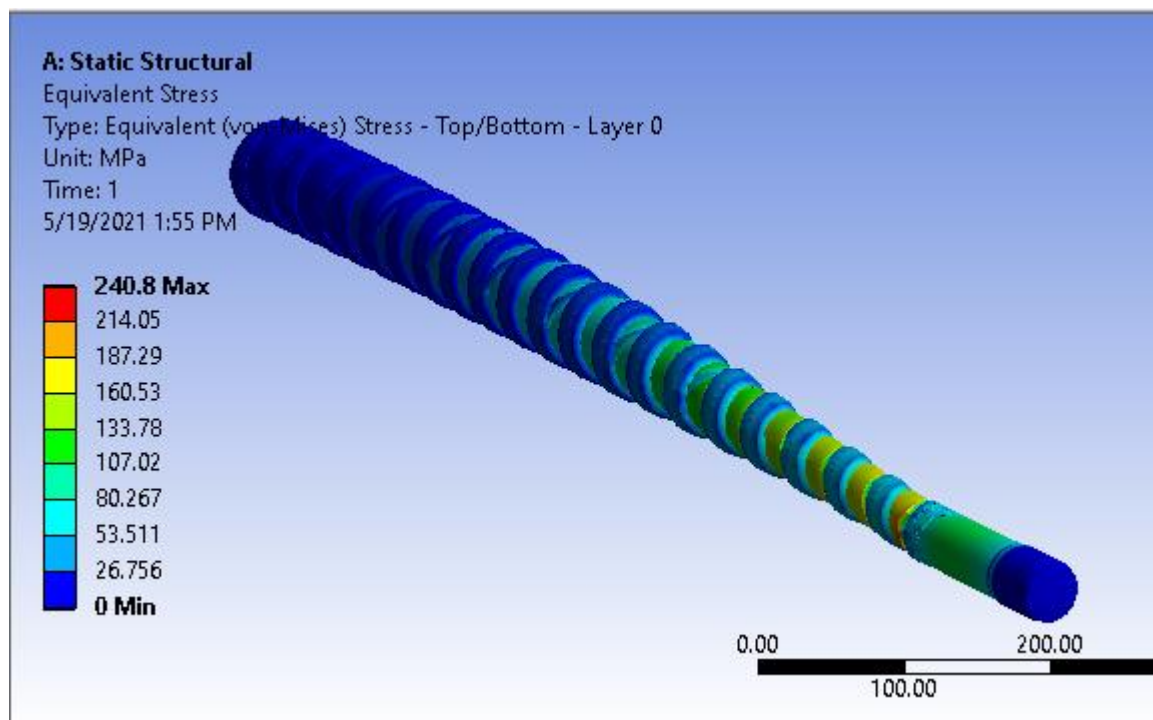


Рис.7.4.Поле еквівалентних напружень моделі

### Висновки:

1. За допомогою системи ANSYS виконали аналіз напружено-деформованого стану черв'яка екструдера , призначений для переробки гранульованих термопластів. Визначили максимально допустимий тиск та температуру;

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.3 результатів розрахунку отримуємо результат, що прикладені до неї робочі тиск 40 МПа деталь витримує.

3. Максимальний тиск, який може витримати дана деталь при сталому тиску становить понад 240 МПа, межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 470 МПа.

### 1.6.2 Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$N_t = \frac{\tau_1}{\tau_p \left( \frac{k_t}{\beta \cdot \varepsilon_t} + \zeta \right)} = \frac{210 \cdot 10^6}{1.1 \cdot 10^6 \left( \frac{1.9}{0.9 \cdot 0.59} + 0.05 \right)} = 52$$

де  $\tau_1 = 210 \cdot 10^6$  – межа втоми при крученні для сталі 40Х, Па;

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

$K_\tau = 1,9$  – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

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

$\zeta = 0,05$  – коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження.

Розрахункове напруження кручення:

$$\tau_p = \frac{M_{кр}}{2W_{ro}} = \frac{21.7 \cdot 10^3}{2 \cdot 1 \cdot 10^{-4}} = 1.1 * \text{МПа}$$

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

$$W_{ro} = 2 \frac{I}{R} = \frac{7.3 \cdot 10^{-8}}{0.014} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

					ЛП72.021443.02-70РР	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Полярний момент інерції перетину черв'яка:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4 (1 - \alpha^4)}{64} = \frac{3.14 \cdot 0.035^4 (1 - 0.3^4)}{64} = 7.3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

R=0,05 – радіус сердечника черв'яка, м.

Підставивши всі значення в формулу, отримуємо запас міцності 1,34, що задовольняє умови.

### 1.6.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість

Важливим є забезпечення умов жорсткості – максимальний прогин черв'яка повинен бути меншим конструкційного зазору  $\delta \geq \delta_k$ .

Вихідні дані : Матеріал черв'яка сталь 40Х, діаметр черв'яка d=35 мм, зазор між корпусом і черв'яком  $\delta = 0,07$  мм, E – модуль пружності  $E=2 \cdot 10^{11}$  МПа;  $I=7.3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$  – полярний момент інерції перетину черв'яка;  $P_{oc} = 12$  кН,  $l_p = 0.87$  м.

Максимальний прогин дорівнює :

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

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{12000}{2 \cdot 10^{11} \cdot 7.3 \cdot 10^{-8}}} = 0.9$$

$$A = \frac{q \left[ l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right]}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{0.7 \left[ 2.5 - \frac{1}{0.59} \sin(0.59 \cdot 2.5) \right]}{0.59 \cdot \cos(0.59 \cdot 2.5)} = 2$$

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Максимальний прогин :

$$\delta_{max} = \frac{1}{2 \cdot 10^{11} \cdot 7.3 \cdot 10^{-8}} \left[ \frac{203}{0.9^2} \left( \frac{1}{0.9^2} + \frac{0.87}{2} \right) - \frac{1}{0.9} \left( \frac{203}{0.9^2} + 3 \cdot 0.87 \right) \cdot \cos(0.9 \cdot 0.87) - \frac{1}{0.9^2} \left( \frac{203 \cdot 0.87}{0.9} - 2 \right) \sin(0.9 \cdot 0.87) \right] = 0.012 \text{ мм}$$

Прогин в межах допустимого .

### 1.7. Тепловий розрахунок черв'ячного преса

Мета розрахунку: визначити кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном, $N$ , кВт	110;
Продуктивність по полістиролу, $G_m$ , кг/с	0,083;
Початкова температура матеріалу, $T_{II}$ , К	293;
Кінцева температура матеріалу, $T$ , К	453;
Температура поверхні кожуха, $T_{кож}$ , К	318;
Температура повітря, $T_B$ , К	293;
Ширина теплообмінної поверхні, $B$ , м	0,3;
Довжина теплообмінної поверхні, $L$ , м	2.2;
ККД приводу преса, $\eta_1$	0,6;
ККД електродвигуна, $\eta_2$	0,9;
Коефіцієнт теплоємності, $C$ кДж/кг К	2;
Ступінь чорноти матеріалу кожуха, $E$	0.6;
Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, $\alpha_k$ , кДж/(м <sup>2</sup> · год · °С)	3.84.

					ЛП72.021443.02-70PP	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q_1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_{\text{кож}} - T_1) + Q_{\text{втр}} ,$$

де  $Q_N$  – кількість тепла, яке виділяється при використанні потужності і визначене:

$$Q_N = N n_1 n_2 = 110 \cdot 0.6 \cdot 0.9 = 59400 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 9.9 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

$Q_{\text{втр}}$  – втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{\text{втр}} = Q_k + Q_{\text{випр}} = (63.4 + 55.4) \cdot 10^3 = 118.8 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 33 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$$

де  $Q_k$  – втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_k = \alpha_k F (T_{\text{кож}} - T_B) = 3.84 \cdot 10^3 \cdot 0.66 (318 - 293) = 63.4 \cdot 10^3 \text{ Дж/год}$$

де  $F$  – теплообмінна поверхня екструдера:

$$F = B \cdot L = 0.3 \cdot 2.2 = 0.66 \text{ м}^2$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 4.9 E F \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 4.9 \cdot 0.6 \cdot 0.66 \left( \left( \frac{318}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right) = 55.4 \cdot 10^3 \text{ Дж/год}$$

$T_1$  – абсолютна температура кожуха, С;

$T_2$  – абсолютна температура оточуючого середовища, С;

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{Q_1} = G_M C_M (T_{\text{кож}} - T_B) + Q_{\text{втр}} - Q_N = 300 \cdot 2 (453 - 293) + 118.8 - 71300 = 24819 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 7 \text{ кВт}$$

					ЛП72.021443.02-70РР	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таким чином, для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 2 нагрівача.

### Розділ 3

#### 1. Технологія машинобудування

##### 1.1. Вибір та опис деталі

Колесо зубчасте у машинобудуванні – обертова деталь машини, що передає крутний момент, може бути частиною диференціального (планетарного) редуктора. Колесо зубчасте виготовляється зі сталі Ст45, яка використовується для виготовлення відповідальних деталей.

В даному розділі розроблено технологічний процес виготовлення деталі "колесо зубчасте" та спроектовано технологічне оснащення. Мета роботи – отримати практичні навички розв'язання задач, які виникають при розробці технологічних процесів виготовлення деталей та проектуванні технологічної оснастки. Під час виконання роботи розробляється технологічний процес виготовлення деталі "колесо зубчасте", що означає вибір методу виготовлення заготовки, призначення послідовності виконання операцій, вибір устаткування і інструмента для кожної операції технологічного процесу, розрахунок елементів режимів різання, сил різання і норм часу.

##### 1.2. Опрацювання конструкції деталі на технологічність

Знаючи тип виробництва, матеріал деталі і її конфігурацію, можна використати для одержання заготовки метод штамповки на кривошипно–шатунному гарячо–штампувальному пресі з виштовхувачем, що забезпечує Т4 клас точності штамповки відповідно до ГОСТу 7505–89.

					ЛП72.021443.03-70ТЕ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Аналіз технологічності конструкції деталі "колесо зубчасте" дозволяє зробити наступні висновки:

- Конструкція відрізняється високою жорсткістю і допускає високі режими різання і широке використання підвищених режимів різання;
- Конструкція деталі "колесо зубчасте" забезпечує вільний доступ ріжучого і вимірювального інструмента до оброблюваної поверхні.
- Всі оброблювані поверхні і отвори, або паралельні, або розташовані під прямим кутом один до одного;
- Більшість поверхонь і отворів можна обробити стандартним інструментом.

В цілому конструкція деталі "колесо зубчасте" технологічна.

### 1.3. Вибір заготовки і її техніко–економічне обґрунтування

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції деталі робимо висновок, що найбільш доцільно використовувати штамповану заготовку.

Якість і вартість штампованих заготовок в основному залежать від способу їх виготовлення.

Враховуючи розміри і матеріал деталі, невисокі вимоги до якості штамповок, у розглянутому випадку можна застосувати штамповку на кривошипно-шатунному гарячо-штампувальному пресі з виштовхувачем.

Згідно з ГОСТ 7505-89 визначаємо:

- клас точності – Т4;
- група сталі – М2;
- ступінь складності – С3;
- вихідний індекс – 12.

					ЛП72.021443.03-70ТЕ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для подальшої розробки технологічного процесу важливий правильний вибір площини роз'ємну штампованої форми. Штампована форма повинна мати, за можливістю, один плоский рознім. Для заготовки напівмуфти такою єдиною площиною розніму може бути площина, що проходить нижню площину деталі.

Крім того, вся штамповка формується в одній прес-формі і на її поверхнях не буде дефектів, які виникають внаслідок зміщення прес-форм.

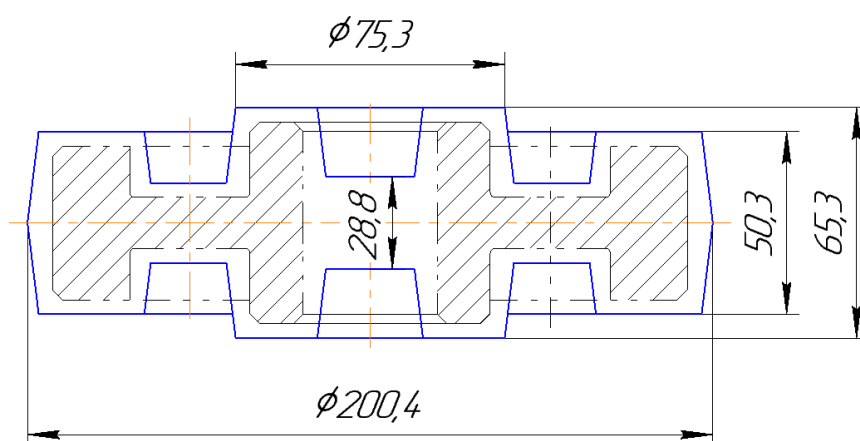


Рис 6.1 – Заготовка деталі

#### 1.4. Вибір типового технологічного процесу та типових схем обробки поверхонь

Колесо зубчасте відноситься до класу типу «диски». До цього класу відносяться деталі, що мають форму тіл обертання із співвідношенням висоти і найбільшого діаметра  $h < 0,5D$ , а також шестерні типу дисків. Характерні представники деталей даного класу – кришки, маховики, колеса, тормозні барабани, фланці, половинки муфт, зірочки, кільця підшипників і т.д.

Базування. Чорновими базами являються зовнішній діаметр деталі і один торець. Для усієї подальшої обробки базами являються оброблені на першій операції торець і циліндрична внутрішня або зовнішня поверхня.

					ЛП72.021443.03-70TE	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для обробки даного класу деталей необхідно притримуватись наступної послідовності:

- чорнова і чистова обробка торця і отвору, а також чорнова обробка вільної зовнішньої поверхні;
- чорнова і чистова токарна обробка другого торця, а також чорнова і чистова обробка зовнішньої поверхні при базуванні деталі по обробленим начисто внутрішній поверхні і торцю;
- кріплення деталі розтискними кулачками або на розтискній оправці;
- свердлення і розсвердлювання невеликих отворів і нарізання в них різьби, фрезерування невеликих поверхонь, протягання шпонкових канавок;
- чорнове і чистове нарізання зубців шестерні при базуванні на отворі і торці;
- невеликі операції – заокруглення і зрізання зубців, свердління отворів для змащення через впадину зуба, притуплення гострих кромки;
- термічна обробка (за необхідності);
- оброблення точних поверхонь шліфуванням і шовінгуванням – шліфування отворів і торців при базуванні по зовнішній поверхні циліндричній поверхні або по боковим поверхням зубців.

## 2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії

Заготовка встановлюється у токарний трикулачковий патрон діаметром  $\varnothing 75$ , при цьому торець  $\varnothing 75$  виступає установочною базою і забезпечує три опорні точки, а зовнішня поверхня  $\varnothing 75$  являється напрямною базою і забезпечує дві опорні точки.

Для середньосерійного виробництва підбирають високопродуктивне універсальне та спеціалізоване устаткування, орієнтуючись на відповідність основних розмірів робочих органів верстата габаритним розмірам оброблюваної

					ЛП72.021443.03-70ТЕ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

заготовки і досягнення необхідної точності, а також на використання мінімальної кількості різних моделей верстатів. Для досягнення високої якості та продуктивності при виготовленні деталей в усіх операціях для серійного виробництва використовують спеціальні пристрої з швидкодіючим затисканням заготовок.

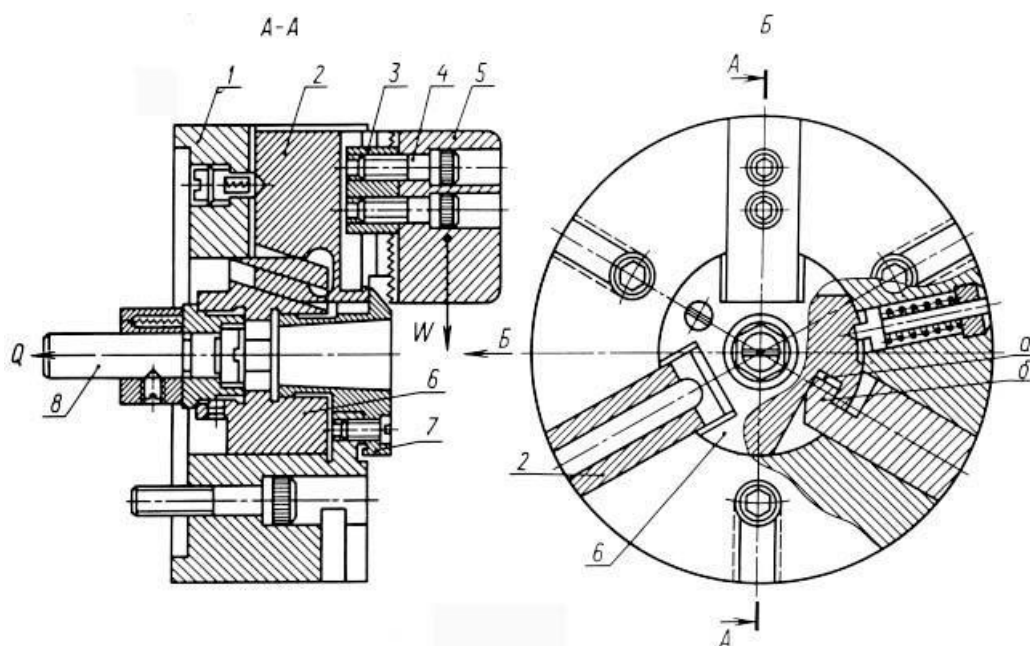


Рис.6.2 Універсальний трьохкулачковий патрон

1 - корпус; 2 - кулачок; 3 - сухар; 4 - гвинт; 5 - змінний кулачок; 6, 7 - втулки; 8 - тяга; а - паз у втулці 6; б - виступ кулачка 2).

Обробку виконують стандартним інструментом. Матеріал різальної частини торцевих фрез і різців – твердий сплав ВК8, що рекомендується при обробці сталей. Враховують, що для досягнення максимальної продуктивності при торцевому фрезеруванні рекомендується використовувати фрези малого діаметра, розмір яких на 10–20% перевищує ширину оброблюваної поверхні, з великою кількістю зубців. Для свердління, розвертання отворів і нарізання різьби використовують інструменти із швидкорізальної сталі Р6М5 та інших.

					ЛП72.021443.03-70ТЕ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 2.2. Розрахунок припусків на механічну обробку та закріплення пристосування

Значення, що характеризують якість поверхні заготовки, приймаємо  $R_z=150$  мкм,  $h=250$  мкм. Значення  $R_z$  і  $h$  для чорнового і чистового розточування відповідно  $R_{z1}=50$  мкм,  $h_1=50$  мкм і  $R_{z2}=20$  мкм,  $h_1=25$  мкм.

Мінімальний припуск на обробку отвору:

$$z_{i\min} = 2 \left[ (Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right],$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході;  $h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого слою на попередньому переході;  $\Delta_{\Sigma i-1}$  – сумарне відхилення розташування поверхні;  $\varepsilon_{yi}$  – похибка установки заготовки на переході, що виконується.

Сумарне значення просторових відхилень:

$$\Delta_{\Sigma 3} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2}$$

де жолоблення отвору  $\Delta_{\text{кор}}$ :

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k \cdot d)^2 + (\Delta_k \cdot l)^2} = \sqrt{(1 \cdot 40,025)^2 + (1 \cdot 65)^2} = 76 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_k = 1$  – питоме жолоблення.

Відхилення зсуву осі отвору  $\Delta_{\text{см}} = 100$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки

$$\Delta_{\Sigma 3} = \sqrt{76^2 + 100^2} = 126 \text{ мкм}.$$

Залишкове просторове відхилення після чорнового розточування

$$\Delta_{\Sigma 1} = 0,05 \cdot \Delta_{\Sigma 3} = 0,05 \cdot 126 = 6,29 \text{ мкм}.$$

					ЛП72.021443.03-70ТЕ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначаємо похибку установки при чорновому розточуванні за формулою:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\bar{\sigma}}^2 + \varepsilon_3^2},$$

– похибка базування при обробці заготовки у трьохкулачковому

самоцентруючому патроні  $\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0$ ;

– похибка закріплення в трьохкулачковому патроні  $\varepsilon_3 = 500$  мкм.

Тоді похибка установки при чорновому розточуванні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 500^2} = 500 \text{ мкм.}$$

Кінцева похибка установки при чистовому розточуванні

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 500 = 25 \text{ мкм.}$$

На основі отриманих даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків. Мінімальний припуск під розточування:

$$\text{– чорнове} \quad 2Z_{i_{\min}} = 2 \cdot (150 + 250 + \sqrt{126^2 + 500^2}) = 1831 \text{ мкм;}$$

$$\text{– чистове} \quad 2Z_{i_{\min}} = 2 \cdot (50 + 50 + \sqrt{6,29^2 + 25^2}) = 252 \text{ мкм.}$$

Значення допусків  $T_d$  кожного переходу приймаємо у відповідності із квалітетом виду обробки:

$$\text{– для чистового розточування значення} \quad T_{d_2} = 25 \text{ мкм;}$$

$$\text{– для чорнового розточування} \quad T_{d_2} = 100 \text{ мкм;}$$

$$\text{– допуск на отвір у заготовці приймаємо} \quad T_{d_3} = 250 \text{ мкм.}$$

					ЛП72.021443.03-70ТЕ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{1\max}^{\text{гран}} - 2Z_{1\min}^{\text{гран}} = T_{d_3} - T_{d_1}; 1981 - 1831 = 250 - 100 = 150 \text{ мкм},$$

$$2Z_{2\max}^{\text{гран}} - 2Z_{2\min}^{\text{гран}} = T_{d_1} - T_{d_2}; 327 - 252 = 100 - 25 = 75 \text{ мкм}.$$

### 2.3. Висновки розділу технології машинобудування

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення колеса зубчастого було виконано наступне:

- розглянуто службове призначення колеса зубчастого і його конструктивні особливості;
- проаналізовано технологічність колеса зубчастого і його заготовки;
- складено орієнтовний план обробки поверхонь, визначено тип виробництва;
- вибрано спосіб виготовлення заготовки і розроблено її ескіз,
- розроблено маршрут виготовлення деталі;
- підібрано моделі металорізальних верстатів, пристрої та інструменти;
- заповнені маршрутна карта (МК), операційна карта (ОК) та карта ескізів (КЕ).
  
- виконані креслення деталі та заготовки, креслення операційного технологічного процесу.

					ЛП72.021443.03-70ТЕ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 7.ВИСНОВОК ЗА ДИПЛОМНОЮ РОБОТОЮ

Дипломна робота мала метою створення модернізованої конструкції екструзійної машини з модернізацією черв'яка. В результаті чого були виконані:

- 1.Розглянуто призначення та галузь застосування екструдера.
- 2.Обрано та обґрунтовано конструкцію деталі та матеріали для проектування
- 3.Проведений повний обсяг параметричних розрахунків, розрахунків на міцність та витривалість ,підібране електроустаткування та визначена продуктивність машини.
- 4.Здійснений літературно-патентний огляд, обрано та опрацьовано ряд патентних модернізацій, спроектована модернізація робочого органу екструдера-черв'яка.
- 5.Розроблена повна технологічна схема розробки обраної деталі,включаючи креслення ,маршрутні карти ,ескізи та креслення деталі та заготовки.

						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### Перелік посилань та літератури

1. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей / М., : Машиностроение, 1965. 362с.
2. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Учеб. для вузов. – М.Химия, 1986, с.488.
3. Атлас-2.
4. Справочник: теплофизические и реологические характеристики термопластов.
5. Сівецький В.І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів/ К.-Політехніка,202, с.150
6. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28401/1/Vekselman\\_bakalavr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28401/1/Vekselman_bakalavr.pdf)

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

**Додаток**  
**до дипломного проекту**  
**на тему:**  
**«Екструзійний агрегат з модернізацією**  
**черв'яка»**

**Київ**

**2021**

Таблиця опрацьованих патентів

№ З/П	Предмет пошуку	Країна видачі та номер документу	Сутність інженерно-хімічного рішення
1	Черв'як екструдера	US 2010/0310693 A1 Від 9,2010(DE)	Метою модернізації є покращення якості отриманого матеріалу шляхом екстенсифікації гомогенізації. Для створення вищезгаданого ефекту запропоновано модернізувати черв'як додатковими пристосуваннями у вигляді додаткових навівок у протівохід основній навівці.
2	Черв'як екструдера	BC29C 47/60 A1 WO 9620821 11.06.1996(US)	Метою модернізації є покращення якості отриманого матеріалу шляхом покращення перемішування, зменшення кількості деградаційних елементів та зменшення потрапляння повітря у розплав. Для створення даного ефекту запропоновано модернізувати черв'як додатковими пристосуваннями у вигляді додаткових перетинок між витками гвинтової навівки.

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						

3	Черв'як екструдера	B29B 11/00 B29C 47/00 9.09.1985(US)	Метою модернізації є зменшення споживання енергії та перерозподілення температури у розплаві. Черв'як екструдера Для створення даного ефекту запропоновано модернізувати червяк додатковими бар'єрними пристосуваннями у зоні стикання.
4	Черв'як екструдера	B29C 47/60 B30B 11/22 12.01.1993(US)	Метою модернізації є покращення якості отриманого матеріалу шляхом екстенсифікації гомогенізації. Винахід пропонує Екструдерний черв'як, що має корінь, основну гвинтову навивку та гвинтовий бар'єрний ,які утворюють канал тведого потоку і канал розплаву. Ширина каналу твердиз зерен поступово зменшується, а ширина каналу розплаву поступово збільшується вздовж верхньої зони ділянки плавлення. Ширина каналів поступово змінюється в нижній течії зоні плавильної секції, але значно менше, ніж у зоні вище за течією.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		





Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількіст	Примітка
				<b><u>Документація</u></b>		
			ЛП72.021243.002-70СК	Складальне креслення		
				<b><u>Складальні одиниці</u></b>		
		1		Корпус	1	
		2		Фланець	1	
				<b><u>Деталі</u></b>		
		3	ЛП72.021243.006-70ВЗ	Кришка		
		4		Дорноутримувач		
		5		Дорн		
		6		Дорн формуючий		
		7		Термопар		
		8		Нагрівник		
		9		<b><u>Стандартні вироби</u></b>		
					2	
		10		Болт М16-6gx40.58		
				ГОСТ 7798-70	1	
		11		Болт М20-6gx70.58		
				ГОСТ 7798-70	2	
		12		Гайка 6-6Н.6		
				ГОСТ 5915-70	2	
				Гайка 4-6Н.6		
				ГОСТ 5915-70		

<b>№ докум. / Підпис / Дата</b>					<b>Лит. / Арку / Аркушів</b>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Галушко				НТУУ «КПІ» ІХФ		
Перев.	Борщук С.О.						
Керів.							
Н. конт.							
Затв.							



## РЕФЕРАТ

до дипломної роботи на тему  
«Екструзійний агрегат з модернізацією черв'яка»

Курсова робота обсягом 26 аркушів складається із вступу, двох розділів, висновків та переліку посилань із 5 джерел. Містить 8 рисунків та схему.

Метою підготовки курсової роботи є закріплення знань, набутих при вивченні дисципліни «Обладнання для таблетування», а головне, здійснення первинного аналізу джерел в рамках написання бакалаврської кваліфікаційної роботи.

Дана робота мала метою розробку сучасної полімерної машини для виготовлення полістирольних трубних виробів, екструдера черв'ячного ЧП 35×25, призначеного для переробки гранульованих термопластів у однорідний розплав та рівномірного видавлювання

Вищезгаданий агрегат створювався на базовій конструкції черв'ячного преса, при цьому мав забезпечувати високопродуктивну дію для переробки матеріалу, працюючи в безперервному режимі автоматизованого процесу.

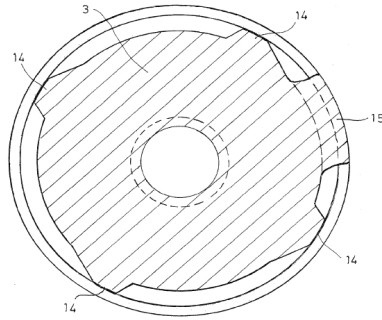
Для цього потрібно було розробити також конструкцію нового черв'яка, діаметром  $D=35$  мм, відношення довжини робочої частини до його діаметра  $L/D=25$ . Інші параметри вибиралися виходячи з реологічних властивостей матеріалу ПС та необхідної швидкості обертання черв'яка (40-об/хв).

Також дана робота ставила перед собою метою створення конструкції екструзійної головки прямотечійної конструкції з дорноутримувачем кошикового типу, що призначена для виготовлення труб з номінальним діаметром 80 мм. Ця розробка була присвячена створенню нового обладнання для оптимізації роботи полімерної машини.

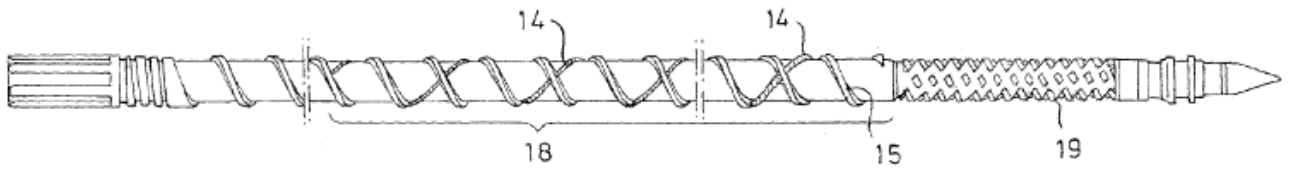
Ключові слова: черв'ячний прес, полімерна машина, полістирольні труби, екструзія полімерів, обладнання для таблетування.



Фіз .1.



Фіз .2.



Фіз .3.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Модернізація черв'яка екструдера

Галушко Д.О., студент, Борщик С.О., старший викладач  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Запропоновано модернізацію черв'яка екструдера для підвищення продуктивності та ефективності роботи екструзійної машини.*

Черв'ячні преси використовуються при різних технологічних процесах: для змішування і грануляції матеріалів; екструзії плівок, труб, профілів, листів, накладання ізоляції і оболонки на дроти і кабелі. Вони знаходять широке застосування так як литтєві машини для попередньої пластикації матеріалу, отримання порожнистих виробів і т.д. Винахід відноситься до черв'ячного шнека ,призначеного для черв'ячного екструдера для пластикації та/або переміщення термопластичних матеріалів.Такий червяк поділяється на дві основні зони: ріжучу і змішувальну. В свою чергу основні зони поділяються на робочі підзони. Вищезгадувані ріжучі та змішувальні зони зазвичай дооснащують так,щоб ефект змішування досягав максимальної інтенсивності.Така ефективність осягається за рахунок установки пристосувань, які монтуються в гвинтових прольотах, на максимально короткій ділянці черв'яка.

Тому метою модернізації є поліпшення додаткових пристосувань, та зменшення впливу вищезгаданих недоліків. Для вирішення цієї задачі був проведений пошук та відібрано 5 запатентованих винаходів,з яких був обраний той ,найбільш задовольняв умовам поставленої мети, патент US 2010/0310693 A1 від 9,2010 ,розробники Christian Klee та Bad Honnef (DE).В даному винаході мета досягається завдяки модернізації червяка,яка полягає в тому,що червяк ,який має одну зону пластикації і одну зону змішування,оснащується додатковими змішувальними пристосуваннями ,які відрізняються тим,що пристосування для зсуву екструдату включає в себе щонайменше одну ріжучу площадку,яка проходить щонайменше на третину довжини шнека екструдера,переважно більш ніж на половину довжини шнека екструдера,по його периферії.Шнек екструдера,згідно до винаходу має завантажувальну , змішувальну та дозувальну зони ,також щонайменше один гвинтову навивку з ріжучим пристосування у вигляді ділянки або стрижня на більшу частину довжини черв'яка.Червяк екструдера,відповідно до винаходу, може бути представленим як однорізьбовим,так і багаторізьбовим. Конфігурація,описана вище(Рис.1.), має перевагу в тому,що відбувається зрушення екструдату на більшій частині червяка.Це забезпечує введення меншої кількості тепла, порівняно до звичайних стрижневих елементів.Ведення тепла в екструдат відбувається порівняно рівномірно.В той же час відбувається краще перемішування ,забезпечується більш високий рівень прохідності.

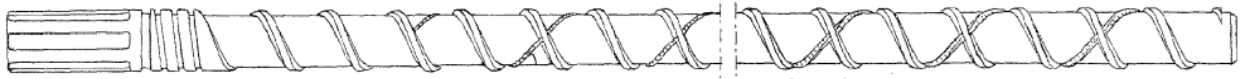


Рис.1.Шнек екструдера з додатковою нарізкою

Рівномірне введення тепла тертя в екструдер також гарантує ,зокрема, відсутність локальних надлишкових температур в потоці матеріалу. У модернізованому варіанті червяка, згідно до винаходу, передбачено,що ріжучу ділянку виконано у вигляді ділянки різьблення ,що розташована протилежно до прольоту шнека. Перевагою буде розташування ріжучої поверхні в межах гвинтової навивки шнека екструдера.

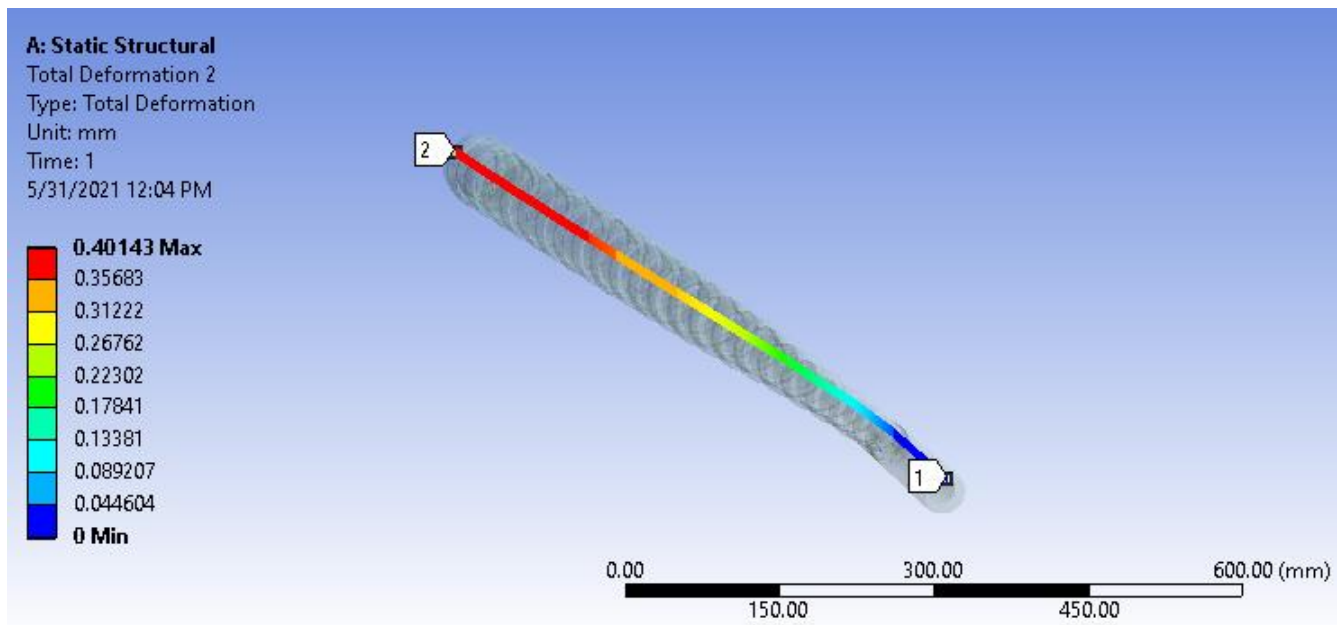


Рис. 2. Розрахунок загальних деформацій моделі за напрямком

Черв'ячні преси використовуються при різних технологічних процесах: для змішування і грануляції матеріалів; екструзії плівок, труб, профілів, листів, накладання ізоляції і оболонки на

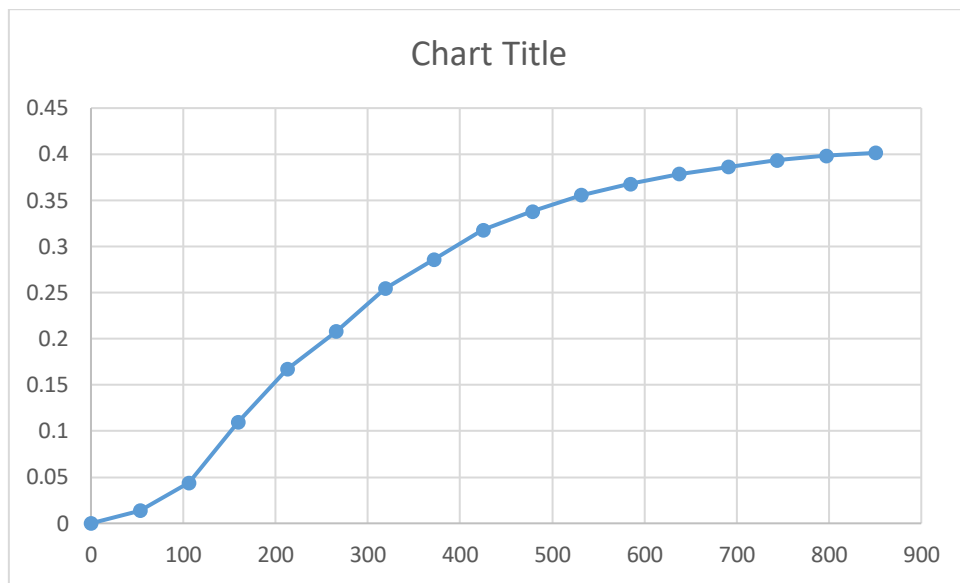


Рис. 3 – графік залежності відносної деформації від довжини

З результатів розрахунку робиться висновок про те, що модернізація забезпечує більш рівномірне розподілення деформацій на площинах поверхні модернізованого черв'яка.

Конфігурація, описана вище, має перевагу в тому, що відбувається зрушення екструдату на більшій частині червяка. Це забезпечує введення меншої кількості тепла, порівняно до звичайних стрижневих елементів. Ведення тепла в екструдат відбувається порівняно рівномірно.

### Література

1. Басов Н.И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. Для вузов / Н.И.Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович. – М.:Химия, 1986.- 488с.
2. Патент US 2010/0310693 Німеччина, МПК В29С 47/64, опубл. 09.12.2010.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		