

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

До захисту допущено
Завідувач кафедри
_____ **О.Л. Сокольський**
« _____ » _____ 2023 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

на тему: Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструзійної головки

Виконав студент групи IV к. ЛП-92 Звізда Михайло Степанович _____

(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник проекту: PhD, асистент, Витвицький Віктор Миронович _____

(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ д.т.н., проф Щербина В.Ю.

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ _____ ст. викладач Борщик С.О.

ОХОРОНА ПРАЦІ _____ к.т.н, ст. викладач Ковтун А.І.

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Студент Звізда М.С.

Київ 2023 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.Л. Сокольський

«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Звізда Михайло Степанович

1. Тема проекту «Агрегат для виробництва труб з модернізацією екструзійної головки», керівник проекту, асистент, PhD Витвицький Віктор Миронович затверджені наказом по університету від 26. 05. 2023 р. № 2024-с

2. Термін подання студентом проекту 16.06.2023р.

3. Вихідні дані до проекту . об'єкт розробки – ЧП-160; габаритні розміри: довжина – $L=5360$ мм; ширина – $S=2120$ мм; висота – $H=2600$ мм; маса – $M=475$ кг; діаметр черв'яка – $d=120$ мм; частота обертання черв'яка – $n=30-350$ об/хв, продуктивність $Q=35$ кг/год; матеріал, що подрібнюється – поліетилен; потужність – $N=12$ кВт.

4. Зміст пояснювальної записки Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування екструдера; 2 Технічні характеристики екструдера ЧП-160; 3 Опис конструкції та призначення екструдера ЧП-160; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації ; 5 Охорона праці; Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
 Лінія для виробництва, А1, 1 лист, агрегат для виробництва плівки, А1, 1 лист,
 вузли обладнання, А1, 2 листа, креслення модернізованого вузла, А1, 1 лист,
 плакати ілюстрацій результатів виконання розрахунків, А1, 1 лист,
 пристосування, А1, 1 лист.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ТЕХ. МАШИНОБУД.	Борщик С.О. ст. викладач	10.06	15.06
МОДЕРНІЗАЦІЯ	Щербина С.О. д.т.н., проф	30.05	09.06
ОХОРОНА ПРАЦІ	Ковтун А.І. к.т.н., ст. викладач	13.06	13.06

7. Дата видачі завдання 26.05.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Технічна характеристика.	23.05.23-24.05.23	
2	Призначення і галузь застосування.	25.05.23-26.05.23	
3	Опис конструкції та принцип дії.	27.05.23-28.05.23	
4	Літературно-патентний огляд.	29.05.23-30.05.23	
5	Розрахунки.	31.05.23-01.06.23	
6	Охорона праці.	02.06.23-03.06.23	
7	Технологія машинобудування.	04.06.23- 09.06.23	
8	Висновки.	0.06.23-11.06.23	
9	Графічна частина.	12.06.23-14.06.23	

Студент
 Керівник проекту

Звізда М.С.
 Витвицький В.М.

ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

РЕФЕРАТ (укр.).....	1
РЕФЕРАТ (англ.).....	1
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ.....	1
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	40
РОЗРАХУНКИ	32
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	25
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	1
ДОДАТКИ	10

					ЛП92.057246.00-70			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Звізда М.С.</i>			Агрегат для виробництва труб з модернізацією головки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Витвицький</i>						
<i>Н. Контр.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Сокольский</i>						

РЕФЕРАТ

Дипломний проект бакалавра на тему: «Агрегат для виробництва труб з модернізованою екструзійною головкою». Виконавець – студ. групи ЛП-92 – Звізда М.С., керівник – phd – Витвицький В.М.

Дипломний проект (ДП) включає текстову і графічну частини. Текстова частина має 3 розділи і додатки., загальний обсяг – 88с., 22 іл., 7 табл., 27 джерел посилань. Графічна частина містить 7 креслень (загальний обсяг - чотири листа креслень формату А1, і один плакат з результатами розрахунків).

Об'єкт розробки – Екструзійна головка. Мета розробки - визначення недоліків діючих головок і усунення цих недоліків. З цією метою проведено літературний і патентний пошук, який дозволив визначити напрямок модернізації і провести конструкторську розробку модернізованої екструзійної головки. Для базової і модернізованої головки проведені інженерні параметричні і кінематичні розрахунки, які підтвердили можливість використання в модернізованій екструзійної головки. Розрахунок на міцність модернізованої матриці (з використанням 3D моделі) дозволяє зробити висновок про зниження максимальних механічних напружень модернізованої головки на 20% відносно базової моделі і , як слідство, підвищення надійності обладнання. Крім того, в розробленій конструкції, покращуються умови протікання матеріалу, балансування рухомих частин устаткування і, як наслідок, зменшення зусиль на останні ділянки головки.

Розглянуто технологія виготовлення матриці для обробки модернізованої головки.

З урахуванням покращення механічних характеристик і підвищення продуктивності, конструкція модернізованої екструзійної головки може бути рекомендована для підприємств полімерної промисловості.

По результатам роботи зроблена доповідь на всеукраїнській конференції і надруковані тези.

МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ГОЛОВКА, ЕКСТРУДЕР, МАТРИЦЯ

ABSTRACT

Bachelor's diploma project on the topic: "A unit for the production of pipes with a modernized extrusion head". The performer is a student. group LP-Zvizda M.S., head - phd– V.M. Vytvytskyi

Diploma project (DP) includes textual and graphic parts. The text part has 3 sections and appendices, the total volume is 88 pages, 22 illustrations, 7 tables, 27 reference sources. The graphic part contains 7 drawings (total volume - four sheets of drawings in A1 format, and one poster with the results of calculations).

Object of development – Extrusion head. The purpose of the development is to identify the shortcomings of the existing heads and eliminate these shortcomings. For this purpose, a literature and patent search was conducted, which made it possible to determine the direction of modernization and carry out the design development of a modernized extrusion head. For the basic and modernized head, engineering parametric and kinematic calculations were carried out, which confirmed the possibility of using the modernized extrusion head. Calculation of the strength of the modernized matrix (using a 3D model) allows us to conclude that the maximum mechanical stresses of the modernized head are reduced by 20% relative to the base model and, as a consequence, the reliability of the equipment is increased. In addition, in the developed design, the conditions of material flow, balancing of moving parts of the equipment are improved and, as a result, the forces on the last sections of the head are reduced.

The technology of manufacturing a matrix for processing a modernized head is considered.

Taking into account the improvement of mechanical characteristics and increase in productivity, the design of the modernized extrusion head can be recommended for enterprises of polimer industry.

According to the results of the work a report was made at an all-Ukrainian conference and theses were printed.

MODERNIZATION, CALCULATIONS, HEAD, EXTRUDER, MATRIX

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

Умовні позначення:

D – діаметр черв'яка, мм

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

l_z – довжина зони завантаження черв'яка, мм

l_d – довжина зони дозування черв'яка, мм

l_n – довжина зони пластикації черв'яка, мм

t – крок нарізки витків, мм

e – ширина витка, мм

h_1 – глибина нарізки в зоні завантаження, мм

h_2 – глибина нарізки в зоні дозування, мм

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

ρ – густина, кг/мм³

N – потужність, кВт

n – частота обертання черв'яка

P – тиск розплаву, МПа

η – ККД розплаву

Q – продуктивність, кг/год

E – модуль пружності, Мпа

σ_t – границя текучості, МПа

ν – Коефіцієнт Пуассона

Скорочення:

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;

ЧП – черв'ячний пресс

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Агрегат для виробництва труб з
модернізацією екструдера»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРУДЕРА	
ЧП-160.....	3
1.1. Лінія виробництва труб з полімерів.....	3
1.2 Схема та опис головки.....	4
2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА ЧП-160.....	2
3 СХЕМА ТА ОПИС МАШИНИ. ПРИНЦИП РОБОТИ. ЗАГАЛЬНИЙ	
ВИГЛЯД МАШИНИ.....	4
4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ,	
ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	10
4.1 Літературно-патентний огляд.....	10
4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення екструзійної	
голівки.....	18
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	20
5.1 Повітря робочої зони.....	20
5.2 Освітлення.....	22
5.3 Пожежна безпека 13.....	23
5.4 Електробезпека.....	24
ВИСНОВКИ.....	25
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	26

					ЛП92.057246.00-70ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Звізда М.С.</i>			Агрегат для виробництва труб з модернізацією головки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Витвицький</i>						
<i>Н. Контр.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Сокольский</i>						

ВСТУП

Прогрес в сфері виробництва полімерних матеріалів, набирає розвиток з кожним роком все більше, чому сприяє популярність 3д печаті. Так само на розвиток галузі виробництва труб з полімерів, сприяє розвиток будівництва, медицини, систем опалення та іншого. Що стимулює людей створювати покращені версії попередніх агрегатів і пристроїв та деталей до них. Аналіз баз патентних робіт на модернізацію, які збільшують максимальну кількість публікацій на кожен рік, є підтвердженням зацікавленості суспільства в використанні саме полімерних виробів.

Сучасне виробництво труб з полімерів, це результат довгих років розвитку, що завдяки великій кількості змін, має той вигляд, що зараз. На сьогоднішній день, компанії та підприємці використовують трубні вироби з полімеру кожен день.

Часто використовуваним методом обробки полімерів є екструзія, як найекономічніший з способів обробки, екструзією виробляється велика частина виробів з полімеру.

Екструдер є найрозповсюдженішим апаратом, який використовують для виготовлення труб з, це машина, яка екструдує полімерні матеріали шляхом формуванням екструзійною головкою

Типовий екструдер за нормою повинен мати: робочий механізм, який розташований в корпусі, формуючу головку, силовий привід, корпус з нагрівальним елементом, вимірювальні пристрої тиску та пристрої регулювання

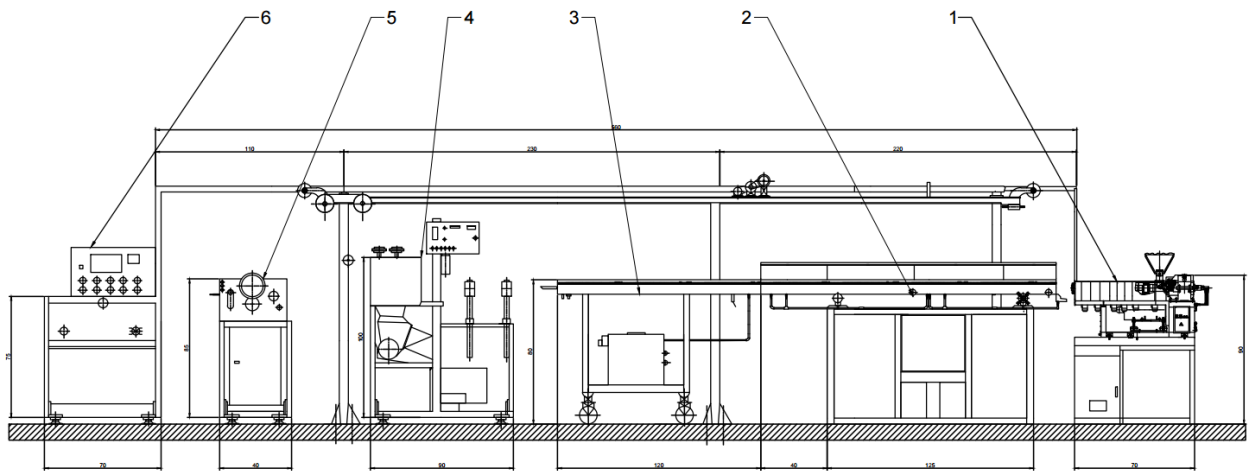
					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПРИЗНАЧЕННЯ І ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ

ЕКСТРУДЕРА ЧП-160

1.1 Лінія виробництва труб з полімерів

Лінія для виготовлення ПП труб (Рис. 1.1), призначена для виробів труб діаметром 160 мм з товщиною стінки 31 мм екструзійним методом, який полягає у безперервному проштовхуванні поліменого розплаву через формуючий зазор трубної екструзійної головки. Робочий процес починається із завантаження сировини в бункер. Методом екструзії можна виготовляти труби діаметром від десятих часток міліметра (капілярні трубки) до 1000 мм і більше. Вони виготовляються гладкими, гнучкими, жорсткими тощо. Найбільш великотоннажними є виробництва труб [7] для транспортування газу, води, каналізації, гідрозахисту теплоізованих металотруб, захисту лінійних споруд зв'язку.



Рисинок 1.1 – Лінія виробництва для виготовлення ПП труб

1 – екструдер, 2 – тепла вакуумна ванна, 3 – холодна вакуумна ванна, 4 – прилад для сушіння, 5 – частотомір, 6 – намотувальна станція

Лінію можна використовувати на різних підприємствах виготовлення через свої технічні характеристики Табл 2.1 будівельних матеріалів і підприємствах з переробки полімерних матеріалів та хімічної промисловості. Склад лінії включає в себе: черв'ячний прес ЧП 160×31.

									Арк.
									3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛП92.057246.01-70ПЗ

Товщину стінки екструзійної трубчастої заготовки регулюють обертанням декількох регулювальних гвинтів 3. Прямоточна частина головки досить протяжна й складає 5-20 значень товщини труби. Тиск розплаву в головці перебуває в межах 24-45 МПа (рідше 35 МПа). До дорнакріпиться трос або ланцюг, що втримує ущільнювальні пробки, що ковзають по внутрішній поверхні труби. У свою чергу пробки потрібні для створення внутрішнього тиску в трубній заготовці для її калібрування по зовнішньому діаметру.

Для виробництва труб більшого діаметру розглянута конструкція є на досить раціональною, оскільки має значну зносостійкість і безпеку ослаблення міцності вздовж труби в лініях "спайок" – з'єднання потоків за дорнотримачем.

Частково усуває ці недоліки конструктивна схема, в якій дорнотримачем є перфорована склянка, проходячи яку, розплав повертає двічі на 900 , і лінії "спайок" розтікаються по колу. Окрім того, для зниження матеріалоемності дорн може бути порожнистим.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА

ТА ЧП-160

В таблиці 2.1 наведена технічна характеристика лінії, що розглянута в дипломному проекті.

Таблиця. 2.1 Технічна характеристика лінії для виробництва труб

Найменування параметра	Значення
Максимальна продуктивність при екструзії труби з номінальною товщиною 0,100 – 0,120 мм і шириною рукава 1500±5 мм, кг/год, не менше	160
Максимальна ширина труби в розгорнутому вигляді, мм, не більше	31
Граничні відхилення по ширині полотна, мм	±5
Номінальна товщина плівки, мм	0,04 - 0,2
Максимальна ширина рулону з плівкою, мм, не більше	1500
Зовнішній діаметр рулону з плівкою, мм, не більше	500
Лнійна швидкість прийому плівки, м/с	0,068-0,68
Електропостачання: 1) трифазна чотирипровідна мережа із глухозаземленою нейтраллю: напруга, В частота, Гц 2) Напруга кіл управління та сигналізації, В частота, Гц	 380 50 220 50
Споживана потужність електрообладнання, кВт, не більше	100
Об'ємна витрата води мережі оборотного промислового водопостачання тиском 0,4 – 0,6 МПа і з температурою не більше 20 ° С, м ³ /год, не більше	1,0
Об'ємна витрата стиснутого повітря тиском 0,4 – 0,6 МПа, м ³ /год, не більше	1,0
Габаритні розміри, мм, не більше: довжина	6540
висота	1300
Маса, кг, не більше	5330

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП92.057246.01-70ПЗ

Арк.

6

Сировина для виготовлення труб з поліпропілену поступає в спеціальну камеру. Він подається дрібними гранулами або йде в формі стружки. Далі екструдер з суміші видавлює заготовки по виставленому розміром. Подальший етап це охолодження. Процес охолодження [1] відбувається за пару хвилин. Потім він чудово тримає задані габарити.

Під час охолодження пластик піддається процесу формування, в ході процесу матеріал ґрунтовно округляється і набирає потрібних форм. Для цього їх укладають в ємність для охолодження. Після закінчення технологічного процесу виробництва, на вироби наноситься маркування, яка відображає параметри експлуатації виробів, тут проставляють номер партії і дату виготовлення виробу. За рахунок стиснення суміші в циліндричному відділі екструдера виділяється тепло, але для якісної переробки і створення гомогенної маси цих температур недостатньо, тому на дану ділянку обладнання встановлюють кільцеві нагрівачі з термопарою. Найпростіші, недорогі і поширені - одношнекові екструдера.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

3 СХЕМА ТА ОПИС МАШИНИ. ПРИНЦИП РОБОТИ. ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД МАШИНИ

Застосування черв'ячних екструдерів [5] для підготовки розплаву і безпосередній екструзії в форму, а також для підготовки розплаву і передачі в литтєвий циліндр для подальшої інжекції при високих тисках за допомогою плунжера є тепер застарілим. Конструкція екструдера (рис. 3.1) нагадує циліндричне обладнання, але сам шнек і порожнина установки конічні. Даний тип конструкції енергійніше захоплює і проштовхує суміш в робочу порожнину, ущільнює її і набагато швидше піднімає тиск близько фільтри.

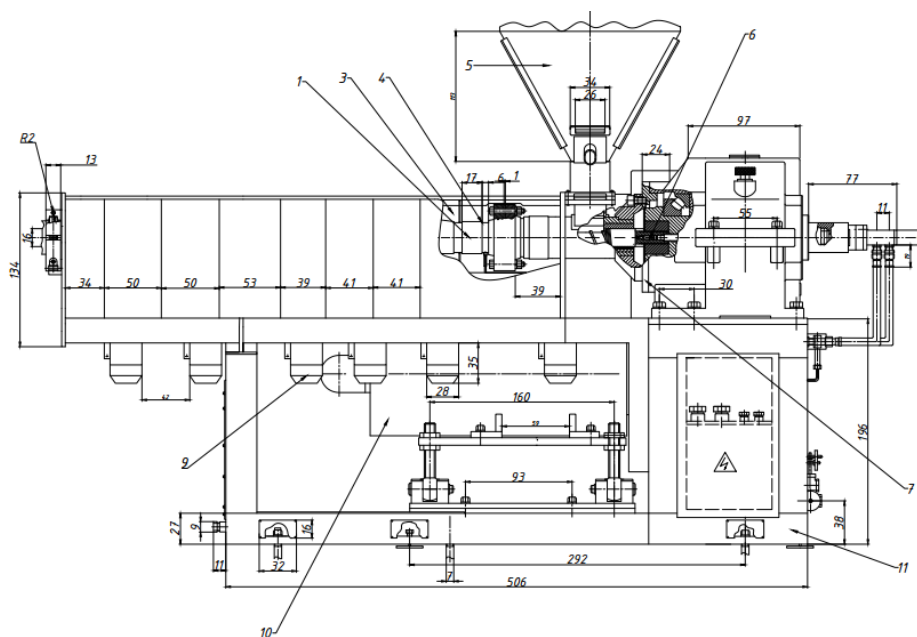


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд черв'ячного пресу: 1 – черв'як; 2 –редуктор;
3 - корпус; 4 – циліндр ; 5 – бункер ;6 – втулка; 7-кришка, 8 -пристрій
охолодження; 9 – охолоджувач; 10 – електродвигун;
11 – рама

Черв'ячний прес складається з черв'яка 1, редуктора 2, корпусу 3, циліндра 4, бункера 5, втулки 6 , кришки 7, нагрівача 8.

Основна сировина, подається в спеціальний завантажувальний бункер конусоподібної форми 5. Так сировина ретельно перемішується.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП92.057246.01-70ПЗ

Арк.

8

Варто зазначити, що оскільки дане обладнання працює в автоматичному режимі, то і подача вихідної сировини відбувається в режимі, призначеному оператором. Сировина подається саме в тій кількості, якої вимагає конкретний процес виготовлення гранул. За допомогою черв'яка 1, який приводиться в рух електродвигуном через редуктор 2, полімерний матеріал переміщується в циліндричну зону 4 черв'ячного пресу. Корпус гранулятора можна умовно поділити на 3 зони. Область, де полімер завантажується і ще не розплавлений, називається завантажувальною зоною. А коли він нагрівається, починається зона плавлення. Третя зона - це зона формування, коли розплавлений полімер видавлюється через формуючу головку і приймає потрібну форму.

Серцем черв'ячного екструдера є черв'як - архімедів гвинт, що обертається усередині обігривається корпусу. Тверді частинки рухаються по каналу вперед, при цьому вони плавляться і перемішуються. Потім однорідний полімерний розплав продавлюється через форму матриці, встановлену в головці екструдера. Обертання черв'яка здійснює електродвигун, сполучений з черв'яком через шестерний редуктор. Корпус екструдера має систему електричного або циркуляційного рідинного обігріву. Визначення та регулювання температури здійснюється за допомогою термопар, встановлених в металевій стінці корпусу. Однак окремі ділянки його доводиться охолоджувати, щоб видалити зайве тепло, що виділяється внаслідок в'язкого тертя.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

4.1 Літературно-патентний огляд

Мета здійснення літературно патентного огляду – вибір най оптимальнішого рішення, для покращення дії екструзійної головки в агрегаті для труб з ПП

Екструзійна головка з гумової трубки – оскільки тиск гумового екструдера, як правило, постійний, тиск екструзії, необхідний для виробництва гумових трубок різних специфікацій, є різним, а тиск екструзії для виробництва гумових трубок великого розміру є відносно високим тиском екструзії.

Щоб зручно регулювати тиск екструзії після переходу від виробництва гумових трубок великого розміру до гумових трубок малого розміру, ця модель пропонує екструзійну головку для гумових трубок.

Головка екструдера з гумовою трубкою [10], містить корпус 1, один кінець корпусу 1 є екструзійним портом 2, і положення на корпусі 1 близько до екструзійного порту 2. Розвантажувальна головка 3 з'єднана з можливістю обертання, а на розвантажувальній головці 3 є наскрізний отвір 5. Наскрізний отвір 5 сполучається з екструзійним портом 2 і боковою стінкою випускна головка 3 вихідний отвір для повітря 6 відкритий у верхній частині, і один кінець отвору для випуску повітря 6 проходить у наскрізний отвір 5, кінець отвору 6 для випуску повітря, віддалений від наскрізного отвору 5, з'єднаний з регулювальною колоною 7 і отвором для випуску повітря 6 простягається до зовнішньої поверхні регулювальної колони 7, регулювальний болт 8 загвинчений на бічній стінці регулювальної колони 7 і регулювальний болт 8 з можливістю ковзання встановлюється в напрямку, близькому до або далі від отвору для випуску повітря 6, що корпус 1 з'єднаний з можливістю обертання з блокуючим елементом 9, а розвантажувальна головка 3 забезпечена фіксатором. Канавка 10 протилежний фіксатор 9, фіксатор 9 затискається в канавку 10.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Головка екструдера з гумовою трубкою за (рис. 4.1), яка відрізняється тим, що на розвантажувальній головці 3 передбачена фіксуєча частина 11. Ще головка відрізняється тим, що фіксуєчий елемент 9 містить обертову колону 91, а один кінець обертової колони 91 шарнірно закріплений на корпусі 1, збоку стінка обертової колони 91 має різьбу вздовж осьового напрямку, а обертова колона 91 загвинчена гайкою 92.

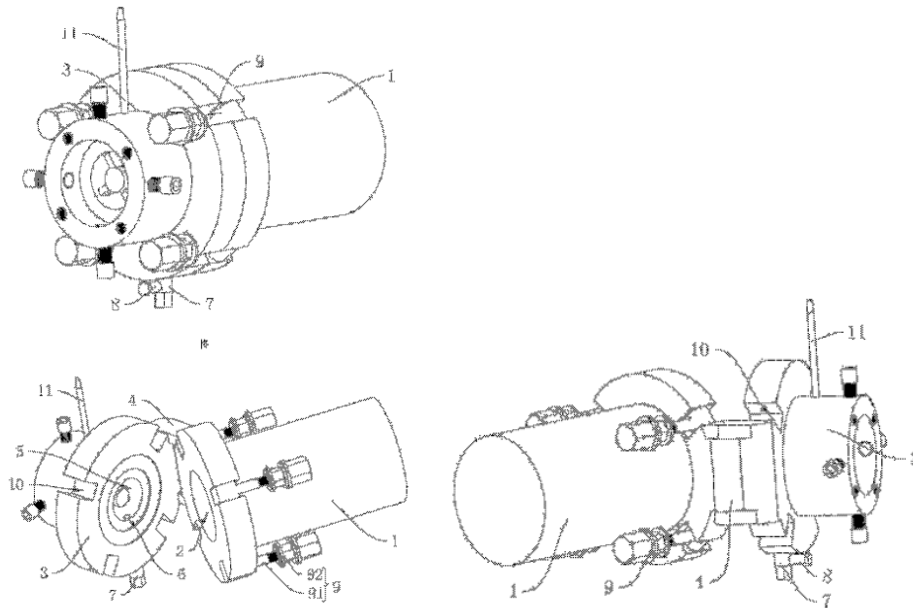


Рисунок 4.1 —Конструкція головки:

1 – корпус; 2 – порт; 3 – розвантажувальна головка; 4 – шарнір; 5 – наскрізний отвір; 6 – вихідний отвір для повітря; 7 – регульована колона; 8 – регульований болт; 9 – фіксатор, блокуєчий елемент; 10 – канавка; 11 – фіксатор; 91 – обертова колонки; 92 – гайка

Розглянута модернізація дає наступний корисний ефект: зручного регулювання тиску екструзії після того, як виробництво гумових труб великих специфікацій переходить на гумові труби малих специфікацій, але має такі недоліки, як якість гумових труб буде знижена , через високий тиск екструзії.

Головка екструдера з гумовою трубкою для екструдера з гуми та пластику без необхідності регулювання ексцентрика, даний винахід поєднує взаємодію між формою ротора.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

потокового каналу 2 і заднього кінця основного сидіння 5 кінець з'єднаний із затискною пластиною 11, а затискна пластина 11 з'єднана з задньою торцевою поверхнею корпусу проточного каналу

2 гвинтами; формуюча горловина 8 статична посадка відбувається в ступінчастому вирізі на передньому кінці гніздо горловини 7, а гніздо горловини 7 статично встановлено в гніздо губи 9 у ступінчастому вирізі на задньому кінці зовнішня різьба ротового сальника 9 вкручується в передню внутрішню різьбову платформу на передньому кінці корпусу 1 східчастий отвір з'єднаний з переднім кінцем корпусу 1, ротова електронагрівальна спіраль 10 встановлена перед ротовим сальником 9 на східцях фланця вгорі. Виробництво досягло мети економії праці та часу, економії матеріалів, підвищення ефективності виробництва, збільшення швидкості якісної продукції та усунення прихованих небезпек надмірного тиску.

Розглянута модернізація дає наступний корисний ефект: підвищення ефективності виробництва та усунення прихованих небезпек надмірного тиску, але є недолік в потребі кваліфікованої ручної операції, інакше буде складний ексцентриситет.

Головка екструдера зі зйомним гумовим шлангом, головка екструдера, реалізує спільну екструзію гуми та пластику, забезпечує повну герметизацію та заповнення сердечника кабелю, забезпечує округлість кабелю під час спільної екструзії та може ефективно та щільно заповнювати кабель .

Принцип роботи екструзійної головки (рис. 4.3) встановлюючи зовнішню форму 3 для ковзання в гільзу 1 і встановлюючи фіксує кільце 12 на різьбове з'єднання із зовнішньою стінкою гільзи 1, штатив може повертати фіксує кільце 12, щоб відокремити фіксує кільце 12 від рукав 1, а потім зовнішню форму 3 можна видалити знімається з рукава 1, щоб співробітники могли очистити внутрішню частину зовнішньої форми 3 і встановивши гумовий шланг 5, щоб він міг ковзати вставлятися в рукав 1 , персоналу зручно виїняти гумовий шланг 5 і внутрішню форму 2, тим самим полегшуючи роботу.

Персонал очищає гумовий шланг 5, внутрішню форму 2 і рукав 1.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

тиском, а інший кінець утворює головку екструдера для труб. Технічна проблема, яка повинна бути вирішена втіленням корисної моделі, полягає в тому, щоб створити надчисту екструзійну головку для ПЕ труби.

Чиста екструзійна головка для труб із ПЕ (рис. 4.4), включає екструзійну трубу 1, один кінець екструзійної труби 1 підключено до зовнішнього обладнання під тиском, а інший кінець утворює головку для екструзії труб і екструзійну трубу 1 забезпечені безліччю нагрівальних кілець 2 для нагрівання та ізоляційних матеріалів, і особливістю є те, що внутрішня кільцева пластина 9, камера 6 для формування труби утворена між внутрішньою кільцевою пластиною 9 і екструзійну трубу 1, а камера 6 забезпечена першою формуючою пластиною 7 на внутрішній стінці та другою формуючою пластиною 8, що відповідає першій формуючій пластині 7, прикріпленій до зовнішньої стінки. стінку внутрішньої кільцевої пластини 9. Перша формуюча пластина 7 і друга формуюча пластина 8 є круглими циліндричними структурами.

Один кінець внутрішньої кільцевої пластини 9 нерухомо з'єднаний з конусом, а внутрішня кільцева пластина 9 нерухомо встановлена з другим А Обмежувальна пластина 10 і друга обмежувальна пластина 13, перша обмежувальна пластина 10 і друга обмежувальна пластина 13 з'єднані через різьбовий стрижень 11, різьбове з'єднання між стрижнем 11 і друга обмежувальна пластина 13, гнучке з'єднання між різьбовим стрижнем 11 і першою обмежувальною пластиною 10, перша обмежувальна пластина 10 і другий стопор А 12 нерухомо встановлені на корпусі стрижня різьбовий стержень 11 між обмежувальними пластинами 13, а кілька валів штифтів 5 розташовані збоку стопора 12, а один кінець вала штифта 5 проходить через внутрішню кільцеву пластину 9 і простягаються в канавку, передбачену на внутрішній стінці екструзійної труби 1, а інший кінець прикріпленій до бічної стінки пробки 12.

Штифтовий вал 5 нерухомо з'єднаний з перегородкою на ділянці вала всередині внутрішньої кільцевої пластини 9, перегородка 15 з'єднаний з внутрішньою кільцевою пластиною 9 через кілька пружин 14.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

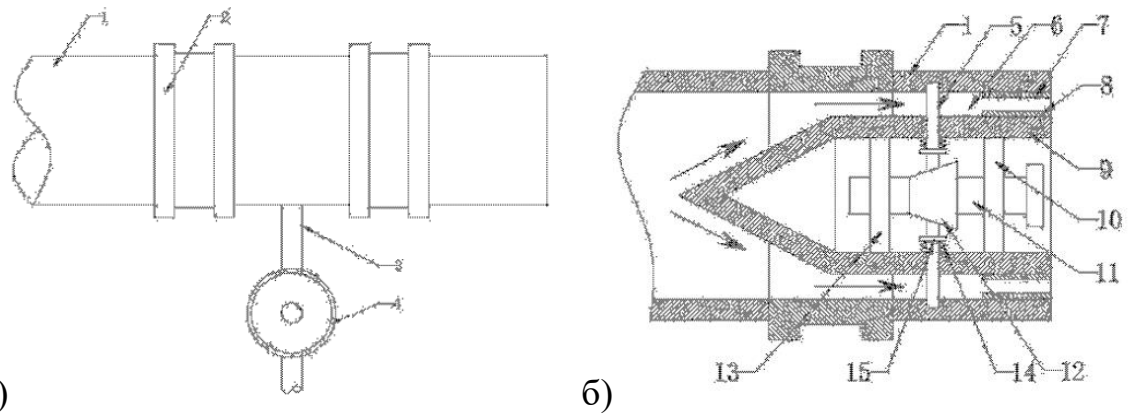


Рисунок 4.4 – Гладка головка екструдера для труб з поліпропілену : а) схема екструзійної головки для ультрарисної труби;

б) схема внутрішньої кільцевої пластини екструзійної головки для ультрарисної труби; 1 – екструзійна труба; 2 – нагрівальне кільце; 3 - патрубок; 4 – завантажувальний бункер; 5 – штифтовий вал; 6 – камера; 7 – перша формуюча пластина; 8 – друга формуюча пластина; 10 – перша обмежувальна пластина; 11 - стрижень; 12 - стопор; 13 – друга обмежувальна пластина; 14 - пружина; 9,15 – кільцева пластина

Розглянута модернізація дає наступний корисний ефект: внутрішня та зовнішня стінки трубопроводу очищаються для покращення гладкості трубопроводу, але є недолік в роз'ємному з'єднанні між внутрішньою кільцевою пластиною та екструзійний трубопровід зручний для заміни.

Інструмент для головки екструдера багатошарової композитної гумової трубки: інструмент для екструзійної головки багатошарового композитного гумового шланга оснащений напівкільцевими пластинами, повітряними камерами та гумовими губчастими кільцями для досягнення хорошого ефекту екструзії та хорошого ефекту різання.

Модель містить корпус коробки 1, який відрізняється тим, що: чотири кути дна корпусу коробки 1 нерухомо оснащені опорними ніжками 2, а коробка корпус 1 нерухомо встановлений гумовим губчастим кільцем 3 у середній частині з правого боку, а середня частина з лівого боку корпусу коробки 1 забезпечена розвантажувальним отвором 4, і внутрішня частина корпусу коробки 1 забезпечена внутрішньою порожниною 5, обидва кінці середньої частини

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

внутрішньої камери 5 нерухомо оснащені різьбовими стрижнями 6, а внутрішні сторони двох різьбові шпильки 6 нерухомо встановлені на півкільцях 7, а корпус коробки 1 забезпечений повітряними камерами 8 з обох сторін, а верхні частини обох сторін корпусу коробки 1 забезпечені повітряними проходами 9, а середні частини обох сторін внутрішньої порожнини 5 забезпечені чотирма вихідними отворами. оснащений кондиціонером 11. Двигун 12 нерухомо встановлений на лівій стороні верхньої частини корпусу коробки 1, а корпус коробки 1 захисний кожух 13 нерухомо встановлений у верхній частині лівої сторони, а фреза 14 нерухомо встановлена на лівій стороні двигуна 12.

Розглянута модернізація (рис. 4.5) дає наступний корисний ефект: екструзії та хорошого ефекту різання, але є недоліки, як обладнання може застосовуватися лише до одного розміру гумовий шланг, а сфера використання вузька.

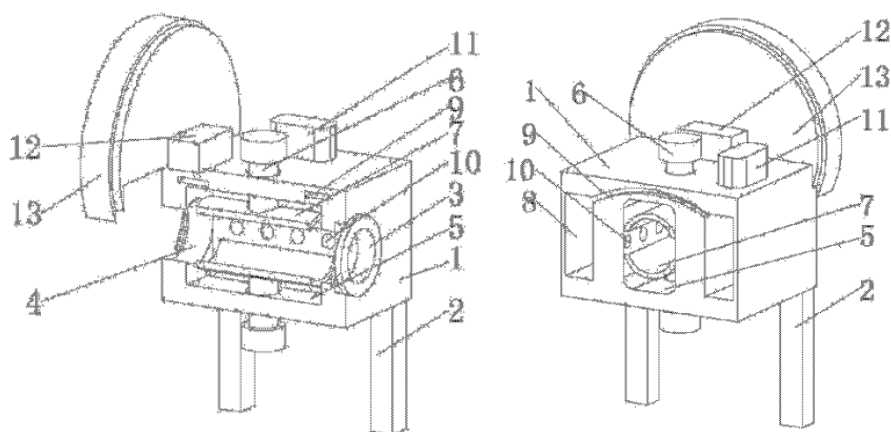


Рисунок 4.5 – Головка екструдера багатошарової композитної гумової трубки:
 1 - Корпус коробки; 2 - Опорні ніжки; 3 - Гумове губчасте кільце; 4 - Нагнітальний патрубок; 5 - Внутрішня порожнина; 6 - Різьбовий стержень; 7 - Півкільцева плита;
 8 - Повітряна камера; 10 - Вихід повітря; 11 - Кондиціонер; 12 - Мотор; 13 - Захисна оболонка; 14 – Фреза

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП92.057246.01-70ПЗ

Арк.

17

4.2 Обґрунтування модернізації головки

Головка екструдера з пластиковою жорсткою трубкою з ромбічним сердечником буфера, винахід [4] розкриває головку екструдера з пластиковою жорсткою трубкою моделі ромбічного сердечника з буферним бігуном. Під час процесу екструзії, через деякі причини, розплав тече нерівномірно в каналі потоку, в результаті чого оправка піддається нерівномірному впливу. напруження та штовхання перпендикулярно до напрямку екструзії, і виріб матиме нерівну товщину стінки, гофровану внутрішню стінку труби, тягу та ковзання тощо. У цей час потім відрегулюйте, регулюючи болт, тоді мертвий кут розшириться, і пластик може розкластися, що серйозно вплине на якість виробу. Винахід має переваги простої конструкції, високоякісного виробництва пластикових труб та зменшує кількість дефективного продукту, через рівномірний , головки екструдера пластикових труб прямого типу з фільтром, щоб вирішити проблеми нерівномірної товщини стінки, гофрованої внутрішньої стінки труби та тяги ковзання продукту. Як показано на схемі (рис. 4.6), головка екструдера з твердої пластикової труби з ромбоподібною оправкою з буферним каналом містить підкладку 1, роздільник потоку 2, корпус форми 3, оправку 5, матрицю 6 і повітряний впускний стрижень 11. Блок 1, відвідний пристрій 2, корпус форми 3, оправка 5 і матриця 6 об'єднані, щоб утворити канал 4 для розплаву. Зовні корпус форми 3 забезпечений нагрівальним кільцем 10. Корпус форми 3 і матриця 6 є регульовальні гвинти 7 для з'єднання; зовнішня сторона корпусу форми 3 і оправка 5 забезпечена сальником 8, сальник 8 і корпус форми 3 з'єднані кріпильними гвинтами 9, а серцевина оправки 5 ромбічної форми для серцевини, форма для серцевини оправки 5 забезпечена двома увігнутими дугоподібними буферними канавками 12, що відповідають вихідному кінці матриці 6.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

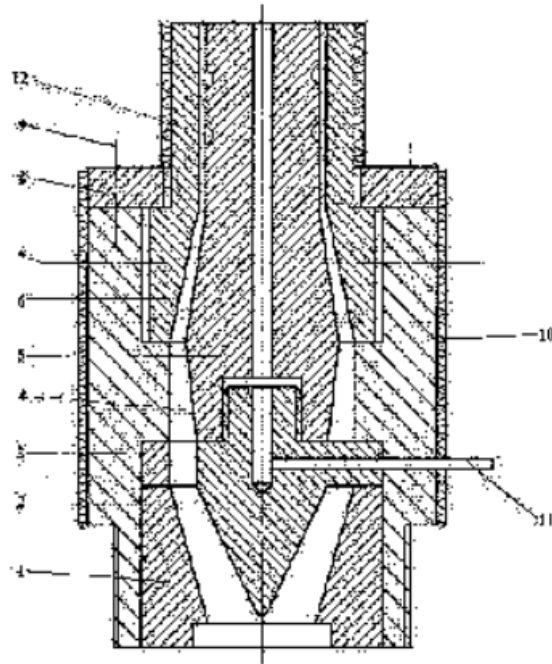


Рисунок 4.6 – Головка екструдера з пластиковою жорсткою трубкою з ромбічним сердечником буфера [6]: 1 - блок; 2 – роздільник потоку; 3 - корпус форми; 4 - канал розплаву; 5 - оправка; 6 - матриця; 7 - регулювальний гвинт; 8 - сальник; 9 - кріпильний гвинт; 10 - нагрівальне кільце 11 - повітрозабірна штанга; 12 - буферна ємність

Розглянута модернізація дає наступний корисний ефект: виробництво високоякісних пластикових труб та економію коштів для вирішення проблем нерівномірної товщини стінки, але є недолік в постійному концентричному стані матриці, щоб зробити товщину екструдованої труби рівномірною.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на підприємстві – це завжди система правових, санітарно – гігієнічних , лікувально – профілактичних заходів, соціально-економічних, організаційно-технічних заходів, спрямованих на захист та збереження життя – робітника у процесі трудової діяльності

Доброякісна охорона праці на підприємстві, яка відповідає вимогам , буде основою заходів профілактики та запобігання виробничому травматизму й професійним захворюванням. Законодавчий акт, що займає сферу організації охорони праці, є закон України “Про охорону праці” прийнятий 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ

Витрати на забезпечення повноцінної охорони праці за статтею 19 повинні становити не менше 0,5% від фонду оплати праці за попередній рік.

Пульт оператора за вимогами дипломного проектування, буде знаходитися на відстані 3м від живильника, при площі цеху $S=1000 \text{ м}^2$, об’єм $V=5000 \text{ м}^3$, заради утворення стандарту безпеки на виробництві, необхідно провести ряд заходів для виявлення загрозливих життю факторів, щоб бути впевненим в безпеці роботи з новими машинами, що проектуються, треба провести наступні порівняння з вимогами праці: Повітря робочої зони; виробничий шум; промислове освітлення; пожежна небезпека.

5.1 Повітря робочої зони

Приміщення у будівлях [8], яке працює, як виробниче підприємство називається виробничим приміщенням.

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови середовища в приміщенні для виробництва, які визначаються впливом на організм людини, тепловим вимірюванням та швидкості руху.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робота на установці в умовах бруду та шуму проводиться в 2 зміни і енерговитратами в даних умовах складає приблизно 291-349 Дж\с, завдяки чому персонал має час на перерву під час роботи. Нормалізація мікроклімату (табл. 5.1), яку можемо зробити завдяки попередньо впровадженим заходам, створює оптимальне середовище для роботи працівника підприємства

Таблиця 5.1 – Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень

Сезон року	Категорія робіт – 3					
	Температура °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря м/с	
	Оптим.	Фактич	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.
холодний	16-18	19	40-60	75	0.3	Не більше 0.5
теплий	18-20	26	40-60	75	0.4	0.2-0.6

Мікрокліматичні параметри влітку задаються за допомогою вентиляції, в зимку – температурою водних теплоносіїв, що становить 70-90 °С

Під час експлуатації лінії відбувається викид токсичних речовин - газів, пилу з відкритих резервуарів або через витоки технологічного обладнання, з завантажувального бункера, тому для видалення цих шкідливих компонентів встановлюється місцева вентиляція, а в цеху також встановлюється загальнообмінна вентиляція відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

5.2 Освітлення

На виробництві може бути три типи освітлення: природне, штучне, комбіноване. Природне – це прямі сонячні промені і дифузне світло небосхилу. Штучне – це метод освітлення в якому світильники знаходяться не менше 2,5м над підлогою. Комбіноване – це сукупність природного та штучного освітлення,

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

що потребується при виконаннях робіт з високою точністю .

Заради оптимальних та надійних умов роботи на підприємстві треба враховувати кольорове оточення, як при світлому виборі фарб для підвищення освітлення на 20-40%. Однак і завищення освітлення може призвести до шкідливого засліплення працівників.

1. Головні вимоги до виробничого освітлення наступні:
2. Обовязковий контраст різних поверхонь.
3. Не створювати шумні та небезпечні виробничі чинники, такі як теплові випромінювання, шум та вибухонебезпека світильників.
4. Освітлення робочої поверхні, що відповідає характеру зорової роботи і не нижче умов оптимальної роботи.

Аналізуючі технологічний процес, можемо обрати ДБН В.2.5 – 28:2018, що відноситься до 3 розряду. При освітленості не менше $E_{\text{нор}}=200$ лк. Виробництво використовує загальне освітлення ДРЛ-400 , яке має світловий потік $F = 19000$ лм та потужність 250 Вт з освітленням $E_{\text{ф}} = 300$ лк.

Завдяки методу коефіцієнта використання світлового потоку розраховуємо загальне отримане освітлення $F = 7200$ лм. – лампу накаливального типу Г, з потужністю 400 Вт та при напрузі 220 В.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека на підприємстві – важлива частина заходів з охорони праці. Працівник підприємства має дотримуватися правил, які були затверджені, для зменшення можливості критичної ситуації.

Заходи з пожежної безпеки поділяються на два типи , організаційні та технічні. Організаційні заходи, це розробка правил з пожежної безпеки, на конкретному підприємстві, інвентаризація та перевірка пожежної техніки, інструктажи працівників, контролювання дотримання введених заходах.

Технічні заходи, це облаштування будівлі і самого приміщення для виробництва по всім вимогам пожежних заходів, правильна розстановка робочих

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

місць, встановлення автоматичних систем сповіщення та контролери над місцями з підвищеним ризком горіння, заборона предметів та інструментів, що порушують протипожежні вимоги, підтримання в робочому стані та чистоті опалювальних та вентиляційних систем і робочого всього робочого обладнання. Обов'язкова наявність наступного інвентарю для пожежогасіння: вогнегасники (вогнегасник повинен мати наступні маркування: маса балона, об'єм балона, вид термообробки, номер балона по спеціальній системі підприємства-робітника, вид термообробки, клеймо ОТК, робочий і гідравлічний пресс, дата виготовлення і рік наступного випробування), мають бути в достатній кількості, шляхи евакуації робітників, зачинення аварійного виходу є неприпустимим, кран-комплекти по типу ПК-1 або ПК-2, при чому технічне обслуговування повинне проходити, як мінімум один раз на рік і бути задокументовано в спеціальному журналі обліку.

Оскільки в дипломному проектуванні зазначений матеріал виробів, це полімер, він має наступні характеристики спалахування, якщо температура перевищує межі характеристики конкретного полімера , наприклад:

При перевищенні 120 °С: формальдегід, ацетальдегід, кетони, окис, метиловий спирт, ацетон.

При перевищенні 150 °С: кислоти, ефіри, альдегіди, перекисні сполучення.

У випадку початку пожежі на виробництві починає автоматично працювати сигналізація, яка повідомляє працівників про пожежу. Як тільки персонал почув сигналізацію, вони мають покинути підприємство або ж приміщення, за СНИП 2.09.02-85 має бути два пожежні виходи, через які повинен вийти персонал. Ширина шляхів евакуації – один метр або більше, двері евакуаційні мають ширину від 0.8 м.

Пожежна характеристика будівельних конструкцій наведенні у таблиці 5.2. Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 категорія приміщення В. Лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П-Па по ПУЄ.

Рівень вогнестійкості 3 згідно ДБН В.1.1-7:2016.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 5.2 – Конструктивні характеристики будинків залежно від їхнього ступеня вогнестійкості

№	Основні будівельні конструкції	Межа вогнестійкості, ч
1	Несучі стіни, колони	2
2	Внутрішні стіни, перегородки	2
3	Несучі конструкції міжповерхневих покриттів	0,75

Під час роботи екструзійного агрегата використовуються горючі змащувальні матеріали, також для переробки ПЕТ виконується при високій температурі $T = 200$ °C.

5.4 Електробезпека

Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Хоча через електричний струм і травмується тільки 1%, однак за рік це 1500 людей в Україні (зазвичай це відбувається при роботі з електроустановкою напругою до 1000 В)

Основними причинами нещасних випадків є наступні ситуації: випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування, використання несправних ручних електроінструментів, застосування нестандартних або несправних запобіжних пристосувань, недотримання правил будови, улаштування, безпечної експлуатації електрозахисних засобів, доторкання до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження чи пробую ізоляції.

Беручи основне в безпеці від непередбачуваних ситуацій з електрикою треба розглянути електричний опір тіла людини. Загальний електричний опір тіла людини можна представити як суму двох опорів шкіри та опору внутрішніх тканин тіла (рис. 5.1).

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

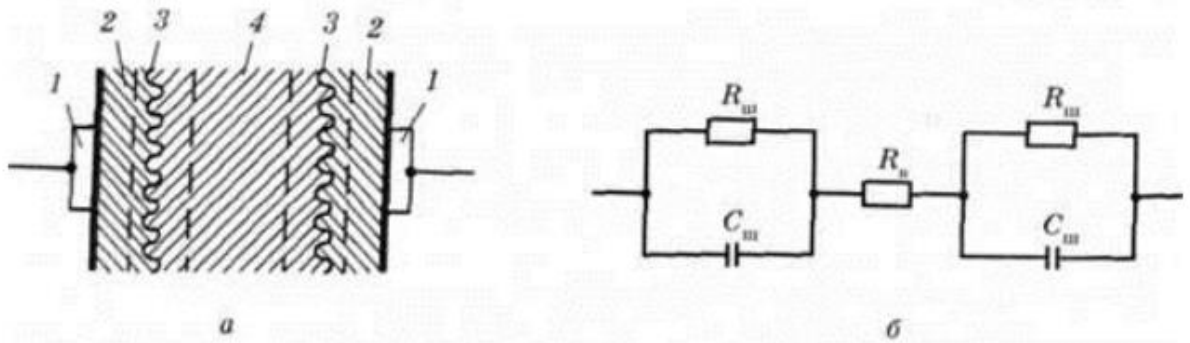


Рисунок 5.1 – Умовні схеми опору тіла людини: *а* - загальна схема:

1 - електроди; 2 - зовнішній шар шкіри; 3 - внутрішній шар шкіри; 4 - внутрішні тканини тіла; *б* - електрична схема: $R_{ш}$ - активний опір шкіри; C - ємнісний опір шкіри; $C_{ш}$ - опір внутрішніх тканин тіла

Найбільший опір проходженню струму чинить шкіра, особливо її зовнішній ороговілий шар (епідерміс), товщина якого становить близько 0,2 мм. Опір внутрішніх тканин тіла незначний і становить 300-500 Ом. У цьому можна переконатися, якщо до язика прикласти контакти батарейки; при цьому відчувається легке поштування. Якщо ці ж контакти прикласти до шкіри тіла, то відчутних подразнень не виникає, оскільки опір сухої шкіри (епідермісу) значно більший.

ВИСНОВКИ

В розділі пояснювальної записки дипломного проекту обрано лінію виробництва труб з ПП, яка має швидкий та надійний процес роботи.

Виконано описання конструкції та принцип роботи лінії виготовлення труб і представлено призначення лінії.

Внаслідок літературно-патентного огляду, було відобрано модернізацію для екструзійної головки. Обрана модернізація дає виробництво високоякісних пластикових труб та економію коштів для вирішення проблем нерівномірної товщини стінки, але є недолік в постійному концентричному стані матриці, щоб зробити товщину екструдованої труби рівномірною.

Наведено основні базові заходи для забезпечення стабільної праці та навколишнього середовища в розділі охорони праці

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

- 1 Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. 200 с
- 2 Кудрявцева З. А., Ермолаева Е. В. Проектирование производств по переработке пластмасс методом экструзии : учебн. пособ. к выполн. курсов. и диплом. проектов. Владимир : ВлГУ, 2003. 96 с
- 3 Литвинець Ю. І. Технологічні та енергетичні розрахунки при переробці полімерів екструзією: метод. вказівки до практ. заняттям, курсовому та диплом. проекту. спеціальності 240502 "Технологія переробки пласт. мас та еластомерів". Єкатеринбург: УГЛТУ, 2010. 56 с.
- 4 Інструмент для головки екструдера багатощарової композитної гумової трубки: пат. CN211730168(U); Китай B08B9/023; B26D1/28; B26D5/08; B26D7/08; B29C48/25; B29C48/27; B29C48/32; B29C48/885; B29C69/00; B29L23/00; заявл. 07.02.2020; опубл. 23.20.2020
- 5 Мікульонок І. О., Казак І. О. Гідромеханічні процеси, апарати і машини хімічної технології. Практикум з навчальної дисципліни: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 73 с.
- 6 Мікульонок І. О., Сокольський О. Л. Полімерні матеріали і вироби з них (одержання, перероблення, властивості) : термінол. слов. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 208 с.
- 7 Прямоточна кільцева головка для виготовлення труб [Електронний ресурс].Режим доступу: <https://studfile.net/preview/3742189/page:8/>
- 8 Н. Г. Бекин, Н. Д. Захаров, Г. К. Пеунков, А. В. Попов, Н. П. Шанин. Оборудование и основы проектирования заводов резиновой промышленности: Учеб. пособие для вузов: Под. общ. ред. Н. Д. Захарова – Л.: Химия, 1985. – 504 с.

					ЛП92.057246.01-70ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«РОЗРАХУНКИ»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «АГРЕГАТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ З
МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ЕКСТРУДЕРА»

ЗМІСТ

1. РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ	2
1. 1 Розрахунок геометрії черв'яка і частоти його обертання	2
1.3Розрахунок коефіцієнта геометричної форми екструзійної.....	4
1.3 Розрахунок продуктивності екструдера	9
1.4 Розрахунок перепаду тиску на ділянках у головці	11
1.5 Розрахунок потужності приводу екструдера	14
2. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ	17
2.1Розрахунок на міцність	19
2.2Розрахунок на стійкість.....	20
2.3Розрахунок на жорсткість	20
2. 4 Розрахунок шліцьового з'єднання.....	21
3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК.....	23
4 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	26
4.1 Розрахунки в ANSYS.....	26
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	30
ВИСНОВКИ.....	31

					ЛП92.057246.00-70PP		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Звізда М.С.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Витвицький</i>					
<i>Н. Контр.</i>					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Сокольский</i>					

**Агрегат для
виробництва труб з
модернізацією головки**

1. РОЗРАХУНКИ ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

1.1 Розрахунок геометрії черв'яка і частоти його обертання

Черв'як є основним вузлом черв'ячної машини і призначений для транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної воронки 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.

Нижче проведено розрахунок екструдера з черв'яком діаметром $D=160$ мм і відношенням довжини робочої частини до його діаметра $L/D=31$.

Інші параметри черв'яка вибираються в залежності від матеріалу, що переробляється. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є ПП і базові параметри черв'яка обчислюються виходячи із залежностей, представлених у довідковій літературі [3].

Крок гвинтової лінії черв'яка

$$t = (0,8 \dots 1,2)D = (0,8 \dots 1,2) * 160 = 146 \text{ мм}$$

Кут підйому гвинтової лінії

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{109}{160\pi} = 16^\circ$$

Товщина гребеня черв'яка

$$e = (0,06 \dots 0,12)D = (0,06 \dots 0,12) * 160 = 16 \text{ мм}$$

при цьому менші значення приймаються для діаметрів черв'яка більше 125 мм, більші – для діаметрів менше 125 мм.

Зазор між черв'яком і гільзою

$$\delta = (0,002 \dots 0,003)D = (0,002 \dots 0,003) * 160 = 0,4 \text{ мм}$$

при цьому менші значення приймаються для більших величин діаметрів черв'яків.

Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження

$$h_1 = (0,12 \dots 0,16)D = (0,12 \dots 0,16) * 160 = 22 \text{ мм}$$

Глибина гвинтового каналу в зоні дозування складає

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_3 = 0,5 \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 * h_1}{i} * (D - h_1)} \right] =$$

$$= h_3 = 0,5 \left[160 - \sqrt{160^2 - \frac{4 * 22}{3,8} * (160 - 22)} \right] = 5.2 \text{ мм}$$

де $i = 3,8$ – ступінь стиску поліетилену.

Діаметр стержня під завантажувальною воронкою

$$d_1 = D - 2 * h_1 = 160 - 2 * 22 = 120 \text{ мм}$$

Діаметр стержня в зоні дозування

$$d_3 = D - 2 * h_3 = 160 - 2 * 5.2 = 150 \text{ мм}$$

Довжина торпеди з мішалкою

$$L_{\text{торп}} = (0,6 \dots 0,8)D + 70 = (0,6 \dots 0,8) * 160 + 70 = 180 \text{ мм}$$

Довжина робочої частини черв'яка приймається

$$L_{\text{роб}} = 22D = 22 * 160 = 4960 \text{ мм}$$

Довжина зони завантаження приймається

$$L_{\text{зав}} = (1,5 \dots 3)D = (1,5 \dots 3) * 160 = 340 \text{ мм}$$

Довжина зони дозування приймається

$$L_{\text{доз}} = (3 \dots 6)D = (3 \dots 6) * 160 = 720 \text{ мм}$$

Довжина зони стиснення приймається

$$L_{\text{ст}} = L_{\text{роб}} - L_{\text{доз}} - L_{\text{зав}} = 4960 - 720 - 340 = 3900 \text{ мм}$$

Довжина опори і евольвентного зачеплення приймається:

$$L_{\text{ев}} = 170 \text{ мм}$$

Довжина відбійної частини приймається

$$L_{\text{відб}} = (0,1 \dots 0,5)D = (0,1 \dots 0,5) * 160 = 48 \text{ мм}$$

Загальна довжина черв'яка

$$L = L_{\text{роб}} + L_{\text{торп}} + L_{\text{ев}} + L_{\text{відб}} = 4960 + 180 + 170 + 48 = 5360 \text{ мм}$$

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

Отримані розміри нанесли на схему, яку наведено на рисунку 1.1

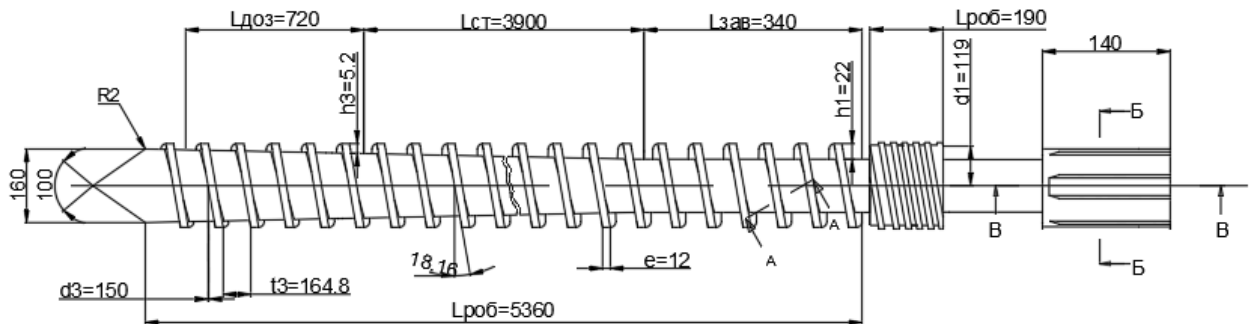


Рисунок 1.1 – Схема черв'яка

Критична частота обертання черв'яка в зоні завантаження може бути визначена по наступному співвідношенню (c^{-1})

$$n_{кр} = \frac{42,2}{60\sqrt{D}} = \frac{42,2}{60\sqrt{0,16}} = 1,8 c^{-1}$$

де D – діаметр черв'яка, м.

У зонах стиснення та дозування допустиму частоту обертання черв'яків значно зменшують, для дотримання граничної температури нагріву матеріалів.

Робоча частота обертання черв'яка

$$n_p = (0,2 \dots 0,7)n_{кр} = (0,2 \dots 0,7) * 2 = 0,81 c^{-1}$$

при цьому нижчі значення коефіцієнтів приймають для малих діаметрів черв'яків, вищі – для великих.

Черв'як виконують з високоякісної сталі 38ХМЮА (з границею текучості $\sigma_t = 750\text{--}850$ МПа), яка піддається азотуванню до НРА 70–74. Після азотування черв'як шліфують.

1.2 Розрахунок коефіцієнта геометричної форми екструзійної

Канал головки (Рис. 1.2) розбивається на ряд послідовних ділянок простої геометрії, для кожного з яких визначається коефіцієнт геометричної форми K , m^3 або mm^3 , а потім сумарне значення для всієї головки.

										Арк.
										4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП92.057246.02-70 РР					

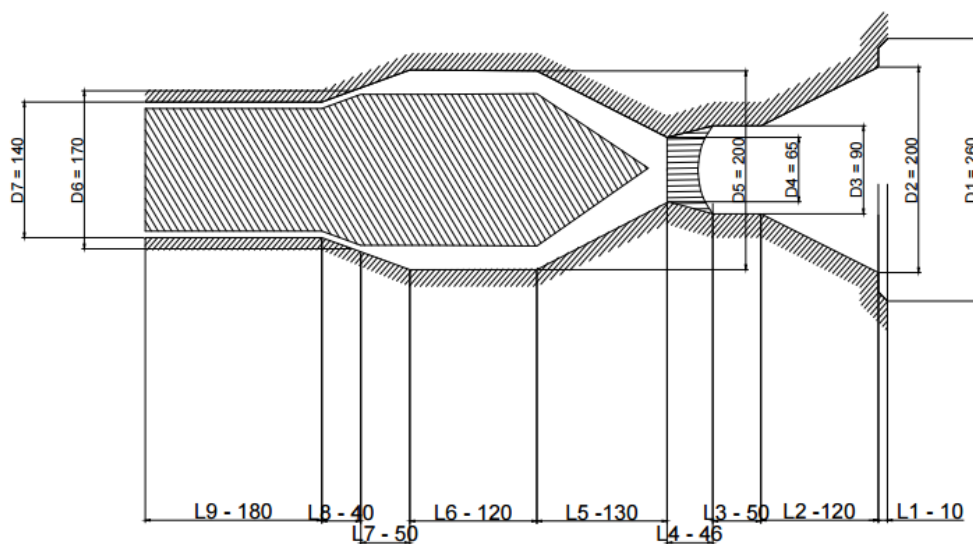


Рисунок 1.2– Схема головки

Маючи вихідні данні та формули, розрахуємо коефіцієнт геометричної форми К для кожної ділянки:

Ділянка l_1 = Круглий конічний з великим діаметром на вході (Рис. 1.3).

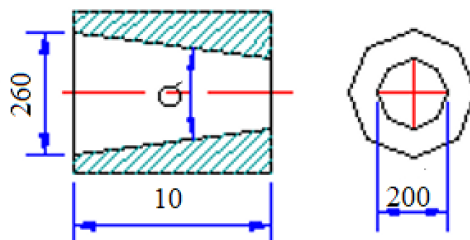


Рисунок 1.3 – Схема ділянки l_1

$$K_1 = \frac{3\pi * D^3 * d^3}{128 * L(D^2 + D * d + d^2)}$$

$$= \frac{3\pi * 260^3 * 200^3}{128 * 10(260^2 + 260 * 200 + 200^2)} = 640000 \text{ мм}^3$$

Ділянка l_2 = Круглий конічний з великим діаметром на вході (Рис. 1.4).

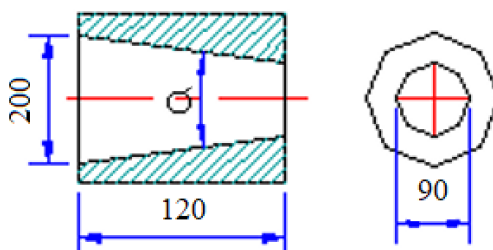


Рисунок 1.4 – Схема ділянки l_2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$K_2 = \frac{3\pi * D^3 * d^3}{128 * L(D^2 + D * d + d^2)}$$

$$= \frac{3\pi * 200^3 * 90^3}{128 * 120(200^2 + 200 * 90 + 90^2)} = 54000 \text{ мм}^3$$

Ділянка l₃ = круглий циліндровий (Рис. 1.5).

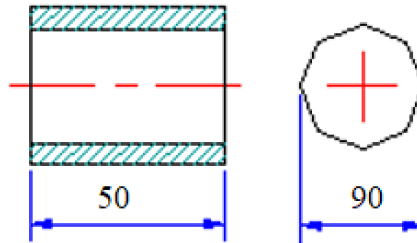


Рисунок 1.5 – Схема ділянки l₃

$$K_3 = \frac{\pi * d1^4}{128 * l3} = \frac{\pi * 90^4}{128 * 50} = 32200 \text{ мм}^3$$

Ділянка l₄ = Щілинний клиноподібний (Рис. 1.6).

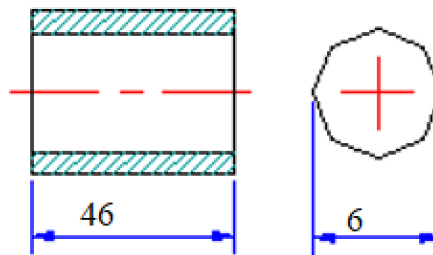


Рисунок 1.6 – Схема ділянки l₄

$$K_4 = \frac{\pi * d1^4}{128 * l3} = \frac{\pi * 6^4}{128 * 46} = 0.7 \text{ мм}^3$$

Ділянка l₅ = Конічний кільцевий з конічною щілиною (Рис. 1.7).

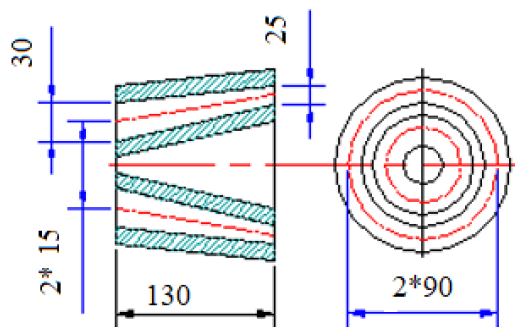


Рисунок 1.7 – Схема ділянки l₅

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$\begin{aligned}
 {}^1\omega &= \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)^2} \lg \frac{R_1\delta_2}{R_2\delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} \\
 &= \frac{2.3(15 - 90)^2}{(15 * 25 - 90 * 30)^2} \lg \frac{15 * 25}{90 * 30} - \frac{(15 - 90)(15 - 25)}{(15 * 25 - 90 * 25) * 30 * 25} \\
 &\quad - \frac{30^2 - 25^2}{2 * 30^2 * 25^2} = -0.006 \\
 K_5 &= \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6L\omega} = \frac{\pi * (15 * 25 - 90 * 30)}{6 * 130 * (-0.006)} = 1560 \text{ мм}^3
 \end{aligned}$$

Ділянка l_6 = Кільцевий (Рис. 1.8).

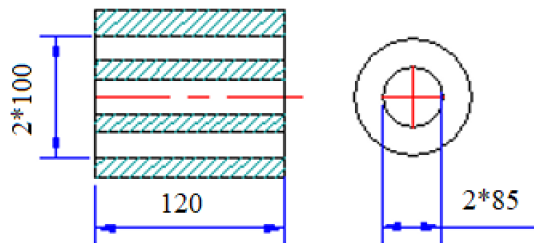


Рисунок 1.8 – Схема ділянки l_6

$$\begin{aligned}
 K_6 &= \frac{\pi(R_2 + R_1) * (R_2 - R_1)^3}{12 * L} = \\
 &= \frac{\pi(100 + 85) * (100 - 85)^3}{12 * 120} = 1360 \text{ мм}^3
 \end{aligned}$$

Ділянка l_7 = Конічний кільцевий з конічною щілиною (Рис. 1.9).

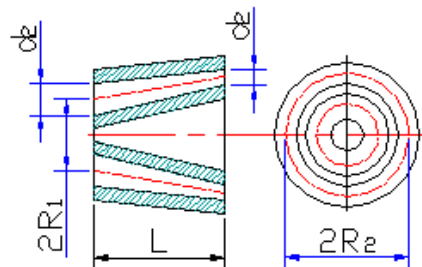


Рисунок 1.9 – Схема ділянки l_7

$${}^1\omega = \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)^2} \lg \frac{R_1\delta_2}{R_2\delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2}$$

$$= \frac{2.3(90 - 80)^2}{(90 * 10 - 80 * 20)} \lg \frac{90 * 10}{80 * 20} - \frac{(90 - 80)(20 - 10)}{(90 * 10 - 80 * 20) * 20 * 10} - \frac{10^2 - 20^2}{2 * 20^2 * 10^2} = -0.0025$$

$$K_7 = \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6L\omega} = \frac{\pi * (90 * 10 - 80 * 20)}{6 * 50 * -0.0025} = 2900 \text{ мм}^3$$

Ділянка l_8 = Конічний кільцевий з конічною щілиною (Рис. 1.10).

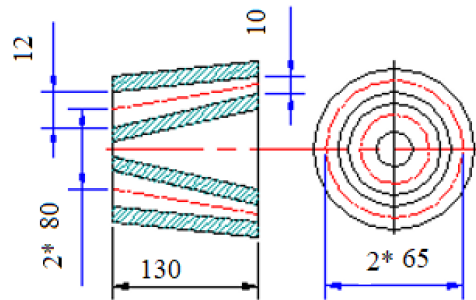


Рисунок 1.10 – Схема ділянки l_8

$${}^1\omega = \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)^2} \lg \frac{R_1\delta_2}{R_2\delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2}$$

$$= \frac{2.3(80 - 65)^2}{(80 * 10 - 65 * 12)} \lg \frac{80 * 10}{65 * 12} - \frac{(80 - 65)(12 - 10)}{(80 * 10 - 65 * 12) * 10 * 12} - \frac{10^2 - 12^2}{2 * 10^2 * 12^2} = 0.65$$

$$K_8 = \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6L\omega} = \frac{\pi * (80 * 12 - 65 * 10)}{6 * 40 * 0.65} = 6.25 \text{ мм}^3$$

Ділянка l_9 = Кільцевий (Рис. 1.11).

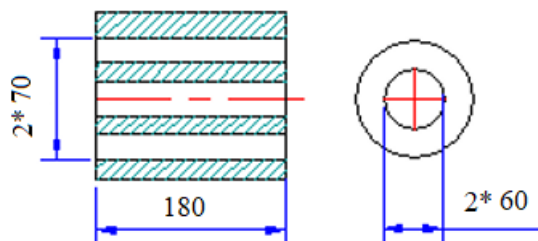


Рисунок 1.11 – Схема ділянки l_9

$$K_9 = \frac{\pi(R_2 + R_1) * (R_2 - R_1)^3}{12 * l_5} =$$

										Арк.
										8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\frac{\pi(70 + 60) * (70 - 60)^3}{12 * 180} = 190 \text{ мм}^3$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми

$K_{\text{заг}} =$

$$= \frac{1}{\frac{1}{640000} + \frac{1}{54000} + \frac{1}{32200} + \frac{1}{0.7} + \frac{1}{1560} + \frac{1}{1360} + \frac{1}{2900} + \frac{1}{6.25} + \frac{1}{190}}$$

$$= 1.45 \text{ мм}^3$$

Розраховано загальний коефіцієнт геометричної форми $K = 1.45 \text{ мм}^3$

1.3 Розрахунок продуктивності екструдера

Визначальний вплив на продуктивність черв'ячної машини має зона дозування черв'яка. Ефективність зони дозування значною мірою залежить від геометричних параметрів самого черв'яка. Продуктивність черв'ячного екструдера в цілому залежить не тільки від геометричних розмірів шнека і числа його оборотів, а й значною мірою від конструкції формуючої голівки.

На основі гідродинамічного підходу до аналізу взаємодії робочих органів з матеріалом, що переробляється, в зоні дозування екструдера прийнято розглядати три складові потоку руху розплаву:

1) прямий потік, тобто потік розплаву, що рухається міжвитковим простором у напрямку від зони завантаження до зони дозування вздовж осі черв'яка; виникає внаслідок обертання черв'яка відносно циліндра;

2) зворотній потік, тобто потік розплаву, що рухається у протилежному напрямку, що викликано перепадом тиску P по довжині шнека;

3) потік виток, що рухається у зазорі між зовнішньою поверхнею витків черв'яка та внутрішньою поверхнею матеріального циліндра у напрямку від зони дозування.

Подібний поділ на три потоки в каналі шнека слід вважати умовним, так як протитечії практично не існує, а має місце деяке обмеження прямого потоку, що виникає в результаті опору головки.

Розрахунок продуктивності черв'ячної машини виконується за [8].

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

$$d_2 = D - 2h_2,$$

де h_2 – глибина гвинтового каналу в зоні стиснення:

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1 - h_3}{L} L_0 = 0.017 \text{ м}$$

$$L_0 = L - L_{\text{ст}} = 1.46 \text{ м}$$

де L – загальна довжина черв'яка,

$L_{\text{ст}}$ – довжина зони стискання черв'яка.

Об'ємна продуктивність потоку:

$$Q = \frac{\alpha K n}{K + \beta + \gamma} = 54478 \frac{\text{мм}^3}{\text{с}} = 54500 \frac{\text{мм}^3}{\text{с}}$$

або в залежності від питомої густини поліетилену ρ :

$$\Pi = 3600 * \rho * Q * 10^{-9} = 153,95 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 154 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Густина розплаву полімеру ρ при температурі переробки t (на виході з екструдера) приймається залежно від перероблюваного матеріалу за таблицями, наведеними в кінці файлу, температуру переробки приймаємо таким чином: для ПП труб $t = 190^\circ$.

1.4 Розрахунок перепаду тиску на ділянках у головці

Визначаємо швидкість потоку для кожного каналу [9].

Для першого круглий конічний з великим діаметром на вході:

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{256Q}{\pi(D^3 + d^3)} = \frac{256 * 54500}{3.14 * (260^3 + 200^3)} = 0.17 \text{ с}^{-1}$$

Для другого круглий конічний з великим діаметром на вході:

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{256Q}{\pi(D^3 + d^3)} = \frac{256 * 54500}{3,14 * (200^3 + 90^3)} = 0.51 \text{ с}^{-1}$$

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для третього круглий циліндровий:

$$\dot{\gamma}_3 = \frac{32Q}{\pi D^3} = \frac{32 * 54500}{3,14 * 90^3} = 0.76 \text{ c}^{-1}$$

Для четвертого щілинний клиноподібний (решітка):

$$\dot{\gamma}_4 = \frac{32Q}{\pi D^3} = \frac{32 * 54500}{3,14 * 6^3} = 2571 \text{ c}^{-1}$$

Для п'ятого конічний кільцевий з конічної щілиною:

$$\dot{\gamma}_5 = \frac{22.32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2) \cdot (R_2 + R_1)^2} = \frac{22.32 * 54500}{3,14 \cdot (15 + 90) \cdot (90 + 15)^2} = 0.33 \text{ c}^{-1}$$

Для шостого кільцевий:

$$\dot{\gamma}_6 = \frac{5.58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2) \cdot (R_2 - R_1)^2} = \frac{5.58 \cdot 54500}{\pi \cdot (85 + 100) \cdot (100 - 85)^2} = 2.33 \text{ c}^{-1}$$

Для сьомого конічний кільцевий з конічної щілиною:

$$\dot{\gamma}_7 = \frac{22.32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 - R_2) \cdot (\delta_2 + \delta_1)^2} = \frac{22.32 \cdot 54500}{\pi \cdot (90 - 80) \cdot (10 + 20)^2} = 43.02 \text{ c}^{-1}$$

Для восьмого конічний кільцевий з конічної щілиною:

$$\dot{\gamma}_8 = \frac{22.32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2) \cdot (\delta_2 + \delta_1)^2} = \frac{22.32 \cdot 54500}{\pi \cdot (80 - 65) \cdot (12 + 10)^2} = 5.51 \text{ c}^{-1}$$

Для дев'ятого Кільцевий:

$$\dot{\gamma}_9 = \frac{5.58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2) \cdot (R_2 - R_1)^2} = \frac{5.58 \cdot 54500}{\pi \cdot (60 + 70) \cdot (70 - 60)^2} = 7.44 \text{ c}^{-1}$$

Ефективна в'язкість розраховується за графіком [8]:

градієнта швидкості при температурі

$$\mu_{\text{еф}1} = 105000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}2} = 70000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}3} = 50000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}4} = 12 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}5} = 100000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}6} = 10500 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}7} = 2300 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$\mu_{\text{еф8}}=10200 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф9}}=9000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Перепад тиску для кожного каналу:

Для першого круглий конічний з великим діаметром на вході:

$$\Delta p_1 = \frac{Q\mu_{\text{еф1}}}{K_1} = \frac{54500 \cdot 105000}{640000} = 9000 \text{ Па}$$

Для другого круглий конічний з великим діаметром на вході:

$$\Delta p_2 = \frac{Q\mu_{\text{еф2}}}{K_2} = \frac{54500 \cdot 70000}{54000} = 70600 \text{ Па}$$

Для третього круглий циліндровий:

$$\Delta p_3 = \frac{Q\mu_{\text{еф3}}}{K_3} = \frac{54500 \cdot 50000}{32200} = 84600 \text{ Па}$$

Для четвертого щілинний клиноподібний:

$$\Delta p_4 = \frac{Q\mu_{\text{еф4}}}{K_4} = \frac{54500 \cdot 12}{0.7} = 934000 \text{ Па}$$

Для п'ятого конічний кільцевий з конічної щілиною:

$$\Delta p_5 = \frac{Q\mu_{\text{еф5}}}{K_5} = \frac{54500 \cdot 100000}{1560} = 3500000 \text{ Па}$$

Для шостого кільцевий:

$$\Delta p_6 = \frac{Q\mu_{\text{еф6}}}{K_6} = \frac{54500 \cdot 10500}{1360} = 420000 \text{ Па}$$

Для сьомого конічний кільцевий з конічної щілиною:

$$\Delta p_7 = \frac{Q\mu_{\text{еф7}}}{K_7} = \frac{54500 \cdot 2300}{2900} = 43000 \text{ Па}$$

Для восьмого конічний кільцевий з конічної щілиною:

$$\Delta p_8 = \frac{Q\mu_{\text{еф8}}}{K_8} = \frac{54500 \cdot 10200}{6.25} = 88940000 \text{ Па}$$

Для дев'ятого кільцевий:

$$\Delta p_9 = \frac{Q\mu_{\text{еф9}}}{K_9} = \frac{54500 \cdot 9000}{190} = 2600000 \text{ Па}$$

Загальний перепад тиску в головці:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5 + \Delta p_6 + \Delta p_7 + \Delta p_8 + \Delta p_9 =$$

										Арк.
										13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛП92.057246.02-70 РР

$$= 9000 + 70600 + 84600 + 934000 + 3500000 + 420000 + 43000 \\ + 88940000 + 2600000 = 96601200 \text{ Па}$$

Загальний перепад тиску в головці $\Delta P = 96 \text{ МПа}$

1.5 Розрахунок потужності приводу екструдера

Знання споживаної черв'ячною машиною потужності необхідне для розрахунку енергетичних витрат за виробництво виробів. При усталеному режимі екструзії, величина споживаної потужності є показником стабільності процесу. Зазвичай контроль ведуть за потужністю, яка споживається приводом.

Потужність, споживана екструдером для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зріз матеріалу в зазорі між гребенем черв'яка і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи

Потужність, що витрачається на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі, для черв'яка зі змінною глибиною нарізки

$$N_1 = \left[\frac{\pi^3 (t - e) L J \mu_{\text{еф}}}{t} n^2 + \alpha \cdot \Delta P \cdot n \right] = \\ = \left[\frac{3,14^3 (0,146 - 0,012) * 5,36 * 0,98 * 2500}{0,109} 0,9^2 + 1,19 * 96 * 10^6 * 0,48 \right] \\ = 86230 \text{ Вт}$$

де α – коефіцієнт прямого потоку, м^3 ,

ΔP – загальний перепад тиску в головці, Па,

n – швидкість обертання черв'яка, с^{-1} ,

J – коефіцієнт, м^2

$$J = \frac{\pi^2 D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D + d_3)^3 - (D + d_2)^3}{3(d_3 - d_2)} + \frac{2,3\pi^2 D^5 \ln \frac{h_2}{h_3}}{(t^2 + \pi^2 D^2)(h_2 - h_3)} = \\ = \frac{3,14^2 * 0,16^2 - 4 * 0,109^2}{3,14^2} + \frac{(0,12 + 0,112)^3 - (0,12 + 0,097)^3}{3(0,112 - 0,097)} +$$

									ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
										14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$+ \frac{2,3 * 3,14^2 * 0,12^5 \ln \frac{0,012}{0,014}}{(0,109^2 + 3,14^2 * 0,12^2)(0,012 - 0,014)} = 0,98 \text{ м}^2$$

де d_2 – діаметр вала черв'яка на початку зони стиснення

$$d_2 = D - 2h_2 = 0,12 - 2 * 0,012 = 0,125 \text{ м}$$

де h_2 – глибина гвинтового каналу в зоні стиснення:

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1 - h_3}{L} L_0 = 0,017 - \frac{0,017 - 0,014}{2,76} * 1,46 = 0,017 \text{ м}$$

$$L_0 = L - L_{\text{ст}} = 5,36 - 3,904 = 1,46 \text{ м}$$

де L – загальна довжина черв'яка,

$L_{\text{ст}}$ – довжина зони стискання черв'яка.

Потужність, що витрачається на зріз матеріалу в зазорі між гребенем черв'яка і внутрішньою стінкою циліндра або гільзи, для черв'яка зі змінною глибиною нарізки

$$N_2 = 9,8 \cdot 10^{-7} \frac{\pi^3 D^3 e L \mu_{\text{еф}} n^2}{\delta t} =$$

$$= 9,8 \cdot 10^{-7} * \frac{3,14^3 * 0,120^3 * 0,16 * 2,76 * 500}{0,0003 * 0,146} * 0,9^2 = 1466 \text{ Вт}$$

Потужність, споживана екструдером для переробки пластичних мас

$$N = N_1 + N_2 = 86234 + 1466 = 87700 \text{ Вт}$$

У вищенаведених формулах також фігурує ефективна в'язкість $\mu_{\text{еф}1,2}$, Па · с, що визначається за графічними залежностями для матеріалів залежно від швидкості зсуву $\dot{\gamma}_{1,2}$, с^{-1} наступним чином:

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{\pi^2 (D - h_{\text{сер}})(D - 2h_{\text{сер}})}{h_{\text{сер}} \sqrt{\pi^2 (D - h_{\text{сер}})^2 + t^2}} =$$

$$= \frac{3,14^2 * (0,16 - 0,0112)(0,16 - 2 * 0,0112)}{0,0112 * \sqrt{3,14^2 * (0,16 - 0,0112)^2 + 0,146^2}} = 37 \text{ с}^{-1}$$

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{\pi^2 D^2 n}{\delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 * 0,16^2 * 48,6}{0,0004 \sqrt{3,14^2 * 0,16^2 + 0,0112^2}} = 977 \text{ с}^{-1}$$

Де $h_{\text{сер}} = 0,0112 \text{ м}$

						ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			15

Потужність двигуна $N_{\text{дв}}$ приводу екструдера повинна бути вищою на величину $\text{ККД} = 0,4 \dots 0,6$, щоб компенсувати невраховані втрати: на подолання сил тертя, на механічні втрати в приводі екструдера та ін., тобто

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{0,4 \dots 0,6} = \frac{87700}{0,5} = 175 \text{ кВт}$$

За потужністю двигуна, обираємо екструдера електродвигун постійного струму HN-M46C1ST21 потужністю 210 кВт для руху з відповідним екструдером для полімеру.

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ

2.1 Розрахунок на міцність

Метою розрахунку черв'яка є визначення його працездатності. Першу точку опори прийнято на кінці хвостовика, а другу – в точці переходу гвинтової нарізки в циліндричну частину, яка працює як підшипник ковзання і зношується менше, ніж зовнішні поверхні витків черв'яка.

Крутний момент становить

$$M_{кр} = \frac{30N}{\pi n} = \frac{30 * 87700}{3,14 * 48} = 17000 \text{ Н * м}$$

де N – потужність, яка споживається черв'яком, Вт; n – швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля

$$P_{ос} = \frac{2M_{кр}}{D} tg\varphi = \frac{2 * 17000}{0,16} * 0,2792 = 59000 \text{ Н}$$

Розподілене навантаження від власної ваги черв'яка

$$q = \frac{9,8G}{L_{роб}} = \frac{9,8 * 492}{4,96} = 972 \text{ Н/м}$$

де G – маса черв'яка, $L_{роб}$ – довжина робочої частини, м.

$$G = \frac{\pi(D - d_0)^2}{4} \rho L_{роб} = \frac{3,14 * (0,16 - 0,032)^2}{4} 7710 * 4,96 = 492 \text{ кг}$$

d_0 - діаметр каналу для охолодження, приймаємо

$$d_0 = (0,15 \dots 0,25)D = (0,15 \dots 0,25) * 0,12 = 0,032 \text{ м}$$

$\rho = 7710 \text{ кг/м}^3$ для сталі 38ХМЮА.

Стискальне напруження в тілі черв'яка виникає від осьової сили та згинального моменту, спричиненого його вагою. Перша складова напруження рівномірна по перерізу, а друга змінюється від розтягувальної у верхній частині перерізу до стискальної в нижній. Тому величина стискального напруження має найбільше значення на нижніх волокнах і отримуємо за формулою:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{59000}{1,6 * 10^{-2}} + \frac{11954}{3,3 * 10^{-4}} = 39911742 \text{ Па} = 39 \text{ МПа}$$

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП92.057246.02-70 РР				

де F – площа небезпечного перерізу (під завантажувальною лійкою, у місці початку нарізки, де найбільші навантаження та найменша площа, без урахування площі перерізу витків)

$$F = \frac{\pi d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 * 0,15^2}{4} (1 - 0,213^2) = 1,6 * 10^{-2} \text{ м}^2$$

де $\alpha = \frac{d_o}{d_1} = \frac{0,032}{0,15} = 0,28$ м, d_1 – діаметр осердя в зоні завантаження, м;

M_{max} – максимальний згинальний момент від власної ваги (у місці початку нарізки),

$$M_{max} = \frac{1}{2} q L_{роб}^2 = \frac{1}{2} 972 * 4,96^2 = 11954 \text{ Н * м}$$

W_x – осьовий момент опору

$$W_x = \frac{\pi d_1^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 * 0,12^3 (1 - 0,21^4)}{32} = 3,3 * 10^{-4} \text{ м}^3$$

Дотичні напруження

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{17000}{1,2 * 10^{-4}} = 141 \text{ МПа}$$

де W_p – полярний момент опору

$$W_p = \frac{\pi d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 * 0,086^3 (1 - 0,28^4)}{16} = 6,6 * 10^{-4} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за III теорією міцності

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{39^2 + 4 * 141^2} = 284 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу не повинен перевищувати допустиме значення

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma_{екв}} \leq [n]$$

$$n = \frac{835}{284} = 2,94 \geq [2]$$

де допустимий коефіцієнт запасу $[n]$ зазвичай беруть рівним 2.

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2.2 Розрахунок на стійкість

Оскільки черв'як витримує згинальний момент від циклічної дії власної ваги, то доцільна його перевірка на тривкість

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{(k_{\sigma})_d \sigma_a + \Psi_{\sigma} \sigma_c} = \frac{334}{2,8 * 25,4 + 0,25 * 0} = 3,3 * 10^4$$

де n_{σ} – коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження;

σ_{-1} – допустиме напруження під час циклічного навантаження:

$$\sigma_{-1} = 0,4 * \sigma_T = 0,4 * 830 = 334 \text{ Па}$$

σ_a – амплітуда змінення напружень (у цьому випадку вони змінюються від $+\sigma_{\max}$ до $-\sigma_{\max}$; σ_{\max} – найбільше напруження від дії згинального моменту

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{11954}{3,3 * 10^{-4}} = 36,2 \text{ Па}$$

σ_c – середнє циклове напруження ($\sigma_c = 0$, оскільки цикл симетричний);

Ψ_{σ} - коефіцієнт, що залежить від матеріалу, $\Psi_{\sigma} = 0,25$;

$(k_{\sigma})_d$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна визначити за формулою

$$(k_{\sigma})_d = \frac{k_{\sigma}}{\beta \varepsilon} = \frac{1,95}{1 * 0,7} = 2,8$$

де k_{σ} – коефіцієнт концентрації напружень (для даного випадку $k_{\sigma} = 1,95$);
 β – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі, для полірованої поверхні черв'яка $\beta = 1$; ε – коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі, для деталей з легуваних сталей за наявності концентрації напружень значення ε можна визначити з довідкових матеріалів, $\varepsilon = 0,7$ [4]

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.3 Розрахунок на жорсткість

Разом з розрахунком на міцність, черв'як перевіряється на жорсткість [10]. Метою цього розрахунку є перевірка того, чи перебуває прогин черв'яка в межах конструкційного зазору. Здебільшого це має значення під час холостого ходу, оскільки під час роботи екструдера канали черв'яка й зазори заповнені розплавом під тиском, який запобігає прогину й тертю по корпусу. Полярний момент інерції перерізу

$$I = \frac{\pi d_1^4 (1 - \alpha^4)}{64} = \frac{3,14 * 0,12^4 (1 - 0,21^4)}{64} = 1,01 * 10^{-5} \text{ м}^4$$

Радіус інерції

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{1,01 * 10^{-5}}{1,7 * 10^{-2}}} = 0,02 \text{ м}$$

Ступінь жорсткості

$$\lambda = \frac{\mu L_{\text{роб}}}{i} = \frac{2 * 4,96}{0,02} = 496$$

де μ – коефіцієнт замурування (у цьому випадку $\mu = 2$).

Якщо $\lambda > 50$, то черв'як вважають нежорстким і перевіряють на найбільший прогин за формулою

$$\begin{aligned} \delta_p &= \frac{1}{EI} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \left(\frac{1}{k^2} + \frac{L_{\text{роб}}^2}{2} \right) \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^3} - AL_{\text{роб}} \right) \cos(kL_{\text{роб}}) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{k^2} \left(\frac{qL_{\text{роб}}}{k} - A \right) \sin(kL_{\text{роб}}) \right] = \\ &= \frac{1}{2,718 * 2,5 * 10^{-5}} \left[\frac{972}{46400^2} \left(\frac{1}{46400^2} + \left(\frac{1}{46400^2} + \frac{4,96^2}{2} \right) \right) - \right. \\ &\quad - \frac{1}{46400} \left(\frac{547}{46400^3} - 5,31 * 10^{-2} * 4,96 \right) \cos(46400 * 4,96) - \\ &\quad \left. - \frac{1}{46400^2} \left(\frac{547 * 2,4}{46400} - 5,31 * 10^{-2} \right) \sin(46400 * 4,96) \right] = \\ &= 0,03 \text{ м} \end{aligned}$$

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛП92.057246.02-70 РР				

Де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{59000}{2,718 * 1,01 * 10^{-5}}} = 46400$$
$$A = \frac{q \left(L_{роб} - \frac{1}{k} \sin(kL_{роб}) \right)}{k \cos(kL_{роб})} =$$
$$= \frac{972 * \left(4,96 - \frac{1}{46400} \sin(46400 * 4,96) \right)}{46400 * \cos(46400 * 4,96)} = 0.11 \text{ м}$$

На початковій стадії проектного розрахунку черв'як можна вибрати з урахуванням дії крутного моменту та осьового зусилля. Після розрахунку геометричних параметрів проводиться повний розрахунок черв'яка. Для більш точного обчислення силових факторів, що діють на черв'як, враховується позацентровий характер осьового зусилля, що виникає від прогину кінця черв'яка δ_p

$$\sigma = \frac{P_{oc}}{F} \left(1 + \frac{\delta_p F}{I} d_1 \right) + \frac{M_{max}}{W_x} =$$
$$= \frac{59000}{1,6 * 10^{-2}} \left(1 + \frac{0,03 * 1,6 * 10^{-2}}{1,01 * 10^{-5}} * 0,12 \right) + \frac{11954}{3,3 * 10^{-4}} =$$
$$= 60 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне напруження за III теорією міцності

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{60^2 + 4 * 141^2} = 288 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу не повинен перевищувати допустиме значення

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma_{екв}} \leq [n]$$
$$n = \frac{835}{288} = 2.89 \geq [2]$$

де допустимий коефіцієнт запасу $[n]$ зазвичай беруть рівним 2.

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. 4 Розрахунок шліцьового з'єднання

Черв'як з'єднується з приводом переважно за допомогою шліцьового з'єднання [9]. Здебільшого використовуються шліці евольвентного профілю, оскільки вони мають більшу поверхню контакту, можуть передавати більше навантаження й довше зношуються. Центрування здебільшого здійснюють по боковій поверхні шліців з посадкою 7H/7n. Така конструкція забезпечує найбільшу точність центрування та усуває можливі люфти.

Шліцьові з'єднання перевіряють на зминання за залежністю:

$$\sigma_{зм} = \frac{M_{max}}{R_c F z \Psi} \leq [\sigma]_{зм}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{11954}{0.018 * 4,37 * 10^{-4} * 0,75} = 168929604 \text{ Па} = 168.93 \text{ МПа} \leq 170 \text{ МПа}$$

де

$$R_c = \frac{mz}{2} = \frac{D_q}{2} = \frac{0.158}{2} = 0.018 \text{ м}$$

m – модуль, $D_q = 158 \text{ мм} = 0.158 \text{ м}$; z – кількість зубів шліцьового з'єднання;
 F – площа контакту, м^2

$$F = 0,8L_{ев}m = 0,8 * 0,17 * 0,003 = 4,37 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

Ψ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по поверхні шліців, береться $\Psi = 0,75$; $[\sigma]_{зм}$ – допустиме напруження на зминання, МПа (беремо $[\sigma]_{зм} = 170 \text{ МПа}$).

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Визначаємо кількість тепла [5-6], яку необхідно підвести екструдеру
Для проведення теплового розрахунку необхідне знання теплофізичних властивостей полімерів.

До них відносяться:

- 1) коефіцієнт температуропровідності $a - 1.933$, m^2/c ;
- 2) коефіцієнт теплопровідності $\lambda - 0.369$, $кДж/м \cdot ч \cdot К$;
- 3) теплоємність $C - 2.43$, $кДж/кг \cdot К$;
- 4) щільність розплаву полімеру $\rho - 785.1$, $кг/м^3$.

Тепловий баланс екструдера знаходиться наступним рівнянням:

$$E_H + E_{III} = E_M + E_O + E_{II} \Rightarrow -5.2 + 45.1 = 5.8 + 6.1 + 28 \Rightarrow 39.9 = 39.9 \text{ кВт}$$

E_H - тепло, яке поступає від зовнішніх обігрівачів, кВт;

E_{III} - тепло при роботі черв'яка, кВт

E_M - тепло, яке виходить разом з матеріалом, кВт

E_O - тепло, яке виходить системою охолодження, кВт

E_{II} - втрати тепла в навколишнє середовище, кВт

Тобто, щоб визначити кількість теплоти , яку треба провести до екструдера через обігрівчу систему:

$$E_H = E_M + E_O + E_{II} - E_{III} \Rightarrow E_H = 5.8 + 6.1 + 28 - 45.1 = -5,2 \text{ кВт}$$

Компоненти рівняння теплового балансу знаходяться наступним чином:

$$E_M = G_M * c_M (t_k - t_H) = 0.015 * 2.3 * (190 - 20) = 5.8 \text{ кВт}$$

Де G_M - кількість переробленого матеріалу, кг/с;

c_M - віддалена ємність полімера, $кДж/(кг \cdot К)$;

t_k, t_H - кінцева й натуральна температура полімера, К.

$$G_M = \frac{Q}{3600} = \frac{54.5}{3600} = 0.015$$

Де Q - масове виробництво екструдера, кг/ч.

$$E_O = G_B * c_B (t_{B2} - t_{B1}) = 0.29 * 4.18 * (25 - 20) = 6.1 \text{ кВт}$$

Де c_B - теплоємність води, $кДж/(кг \cdot К)$

t_{B2}, t_{B1} - початкова і кінцева температура води, К

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η_2 – в'язкість розплаву полімеру в зазорі між гребенем шнека та стінкою циліндра, Па С;

φ – кут підйому гвинтової нарізки шнека, град;

e – ширина гребеня витка, см;

δ – величина зазору між гребенем шнека та циліндром, см.

Довжина опорної зони черв'яка L_H , див:

$$L_H = (0,4 \dots 0,6)L = 0,5 * 526 = 268$$

Де L – довжина черв'яка, см;

h_H – глибина нарізки канавки в напорній частині черв'яка, см.

$$Q_o = \frac{1000Q}{3600\rho_p} = \frac{1000 * 54.5}{3600 * 785} = 0.023$$

Де Q_o – об'ємна продуктивність екструдера, см³/с;

Q – масова продуктивність екструдера, кг/год;

ρ_p – щільність розплаву полімеру, г/см³.

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

4 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ

4.1 Розрахунки в ANSYS

Методом скінченних елементів користуються, як засобом експериментальних дослідів над конструкцією в умовах навантажень і закріплень. Вибираючи ПЗ існує багато варіацій MCE(ANSYS, NASTRAN, ABAQUS), користуючись в даній роботі ANSYS.

Для розрахунку модернізації було взято екструзійну головку, з агрегату для виготовлення труб. Щоб показати користь використаної модернізації, попередньо [2] зробивши модель в CATIAv5 (Рис 4.1) , виконуємо розрахунки в середовищі [1] ANSYS Workbench.

Маючі наступні вхідні дані:

Матеріал головки екструдера – Сталь 40Х

- Модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа
- Границя текучості $\sigma_T=460$ МПа
- Коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$
- Густина $\rho=7850$ кг/м³

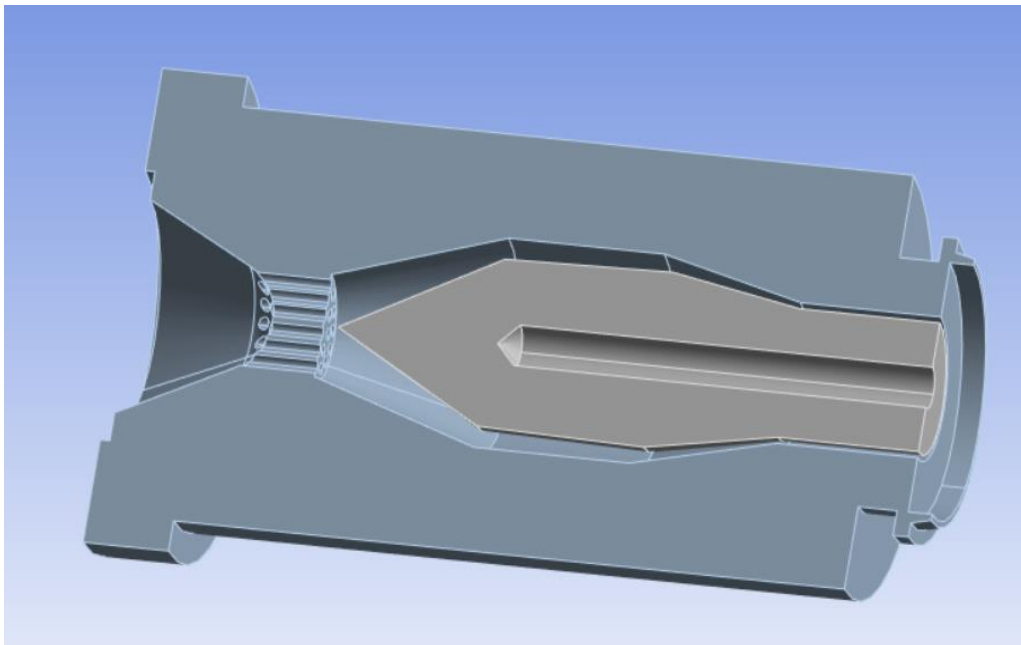


Рисунок 4.1- 3D модель модернізованої екструзійної головки;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП92.057246.02-70 РР

Арк.

26

Встановлюємо сітку скінченних елементів (Рис. 4.2)

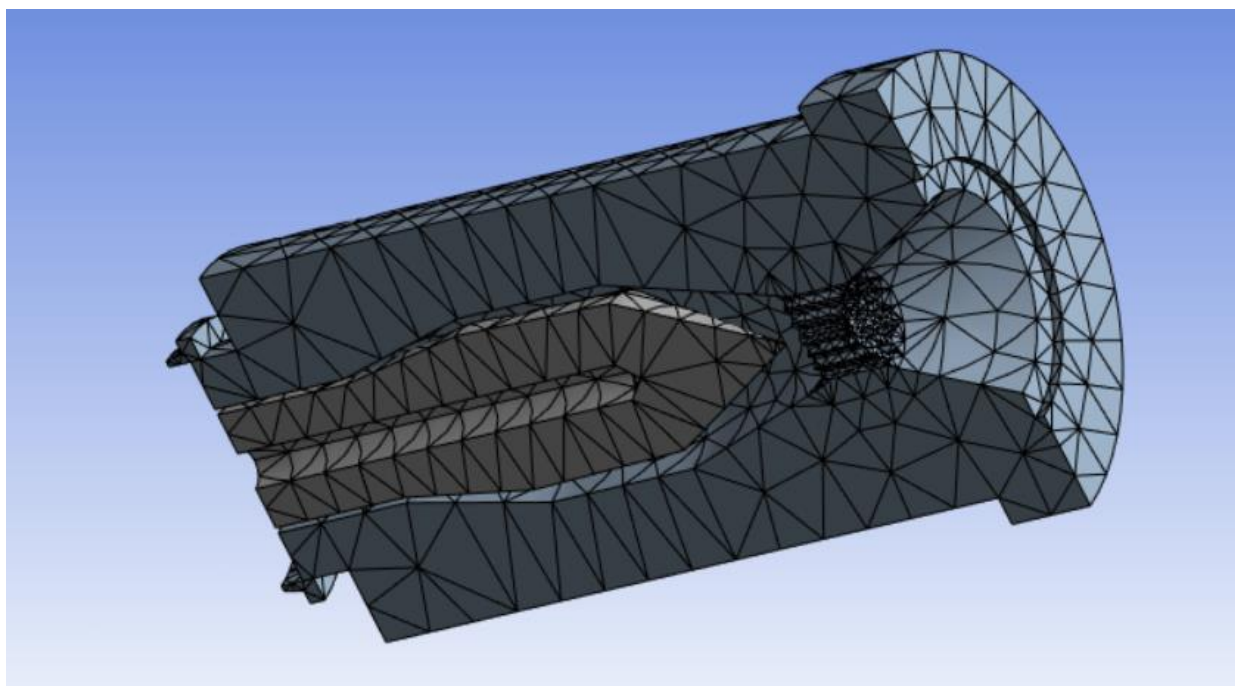


Рисунок 4.2 – Сітка скінченних елементів деталі

Навантажуюмо екструзійну головку в налаштуваннях Pressure 100 МПа (що є максимальним навантаженням, яке витримує виріб)

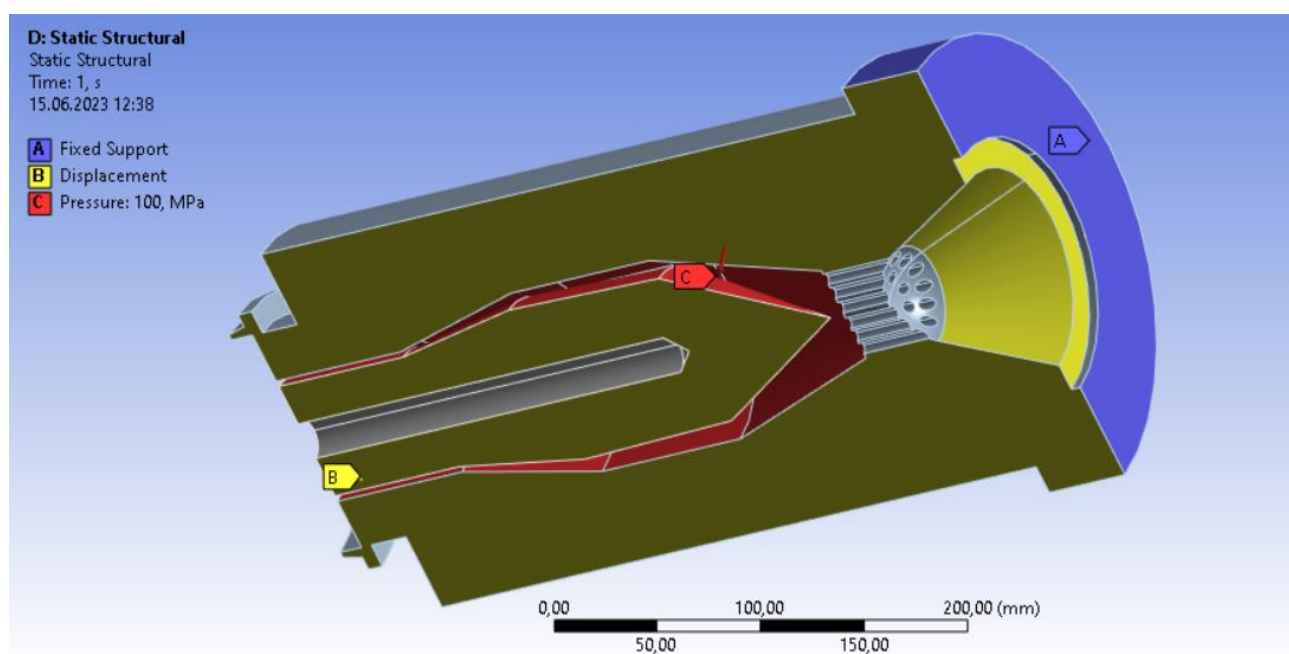


Рисунок 4.3 - Схема закріплень та навантажень головки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛП92.057246.02-70 РР

Арк.

27

Розрахунок еквівалентних напружень (Рис. 4.4) та сумарних переміщень (Рис. 4.5) виглядає наступним чином:

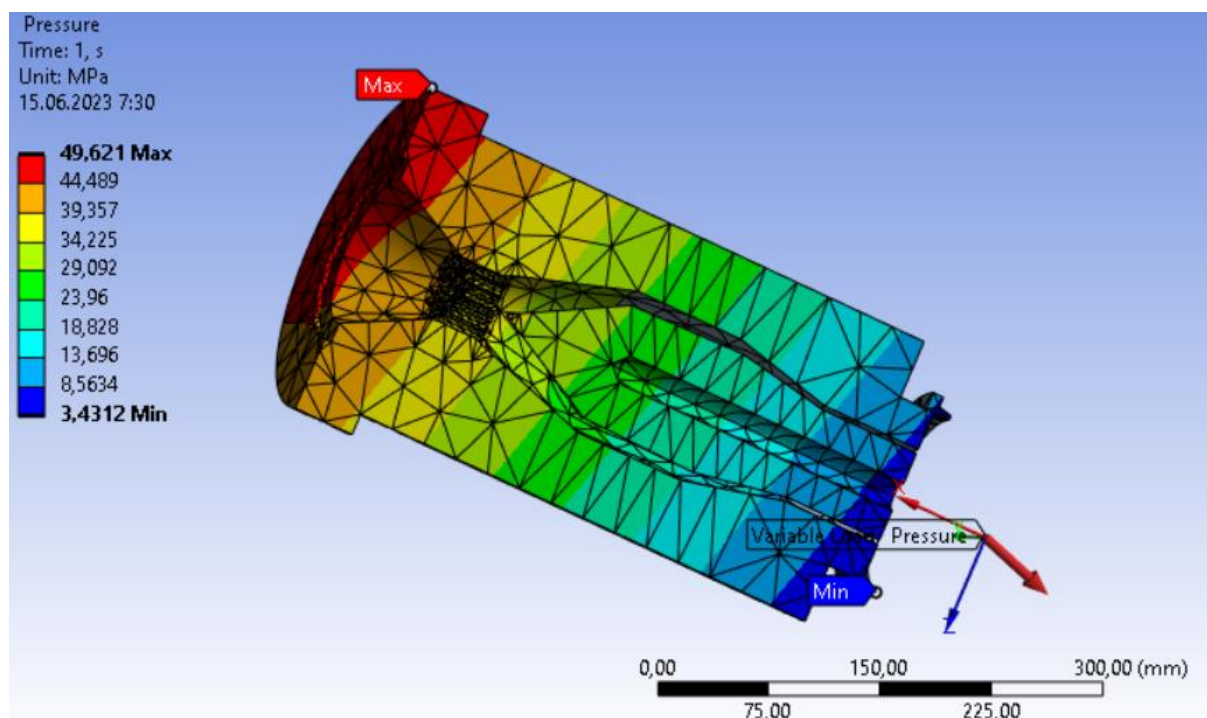


Рисунок 4.4 – Еквівалентні напруження

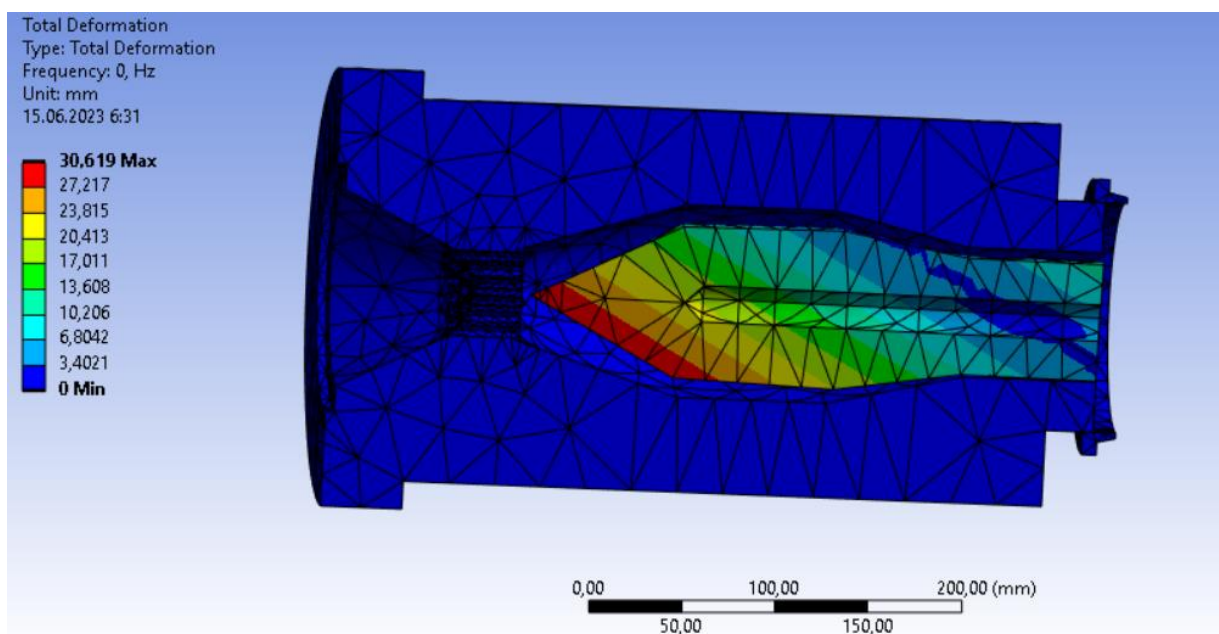


Рисунок 4.5 – Максимальні сумарні зміщення

При еквівалентних напруженнях за Мізесом $\sigma_{екв} = 50$ МПа, а найбільша деформація $\Delta_{max} = 0.30$ мм. Знаходимо коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma_{екв}} = \frac{300}{50} = 6$$

Оскільки напруження в конструкції більше мінімального і менше максимального.

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Після розрахунку головки екструдера ЧП-160 для визначення характеристик і параметрів роботи машини, що підтвердить її працездатність.

Недоліки початкової головки дали можливість виділити найкращий патент для модернізації, Після модернізації контроль матриці буде стабільніший і навантаження зменшиться. В розрахунку моделі модернізованої головки в системі ANSYS демонструє поступове зменшення тиску та деформації в останній ділянці головки, що підтверджує

При розрахунку на міцність та жорсткість отримав наступні результати : загальну довжину черв'яка $L=5360$ мм; загальний тиск у головці $\Delta P= 96$ МПа; продуктивність пресу $\Pi=272$ кг/год; потрібна потужність двигуна $N= 77.5$ кВт; еквівалентними напруженнями за Мізесом $\sigma_{екв}= 50$ МПа; найбільшою деформацією $\Delta_{max}= 0.30$ мм

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ansys Engineering Simulation & 3D Design Software Ansys [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ansys.com/>.
2. CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Application) [Електронний ресурс]. Режим доступу www.3ds.com.
3. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. М.: Химия, 1986, 488с.
4. Мікульонок І. О., Казак І. О. Гідромеханічні процеси, апарати і машини хімічної технології. Практикум з навчальної дисципліни: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 73 с.
5. Мікульонок І. О. Технологічні основи перероблення полімерів, пластмас і гумових сумішей: навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 312с.
6. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. К.: Інрес : Воля, 2005. 264 с.

					ЛП92.057246.02-70 РР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ НА ТЕМУ: «АГРЕГАТ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА
ТРУБ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ЕКСТРУЗІЙНОЇ ГОЛОВКИ»

ЗМІСТ

1. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	2
1.1 Опис і призначення деталі.....	2
1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	4
2. ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ.....	4
2.1 Вибір пристосування, опис конструкції та принципу дії.....	4
2.2 Розрахунок сил закріплення пристосування.....	4
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ.....	7
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	8

					ЛП92.057246.00-70TE					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Агрегат для виробництва труб з модернізацією головки			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Звізда М.С.</i>								
<i>Провер.</i>		<i>Витвицький</i>								
<i>Н. Контр.</i>								<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Сокольский</i>								

1. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

1.1. Опис і призначення деталі

Матриця є важливою частиною екструзійної головки, функція стабільно витримувати тиск від полімеру дозволяє економити на бракованих деталях з машин, як черв'ячний екструдер.

Матриця (Рис. 1.1) виготовлена з сталі 40Х13 ГОСТ 5632-72, що дає тяжку механічну обробку. Шорсткість поверхонь має три параметри Ra 2.0, ряд поверхонь повинен мати параметр Ra6,3, вимог до термообробки немає.

Деталь має сукупність поверхонь, які можуть бути використані як технологічні бази. Особливих вимог до точності розмірів не пред'являється, за винятком трьох діаметральних розмірів: $\varnothing 140p6$, $\varnothing 210H7$, $\varnothing 164H10$

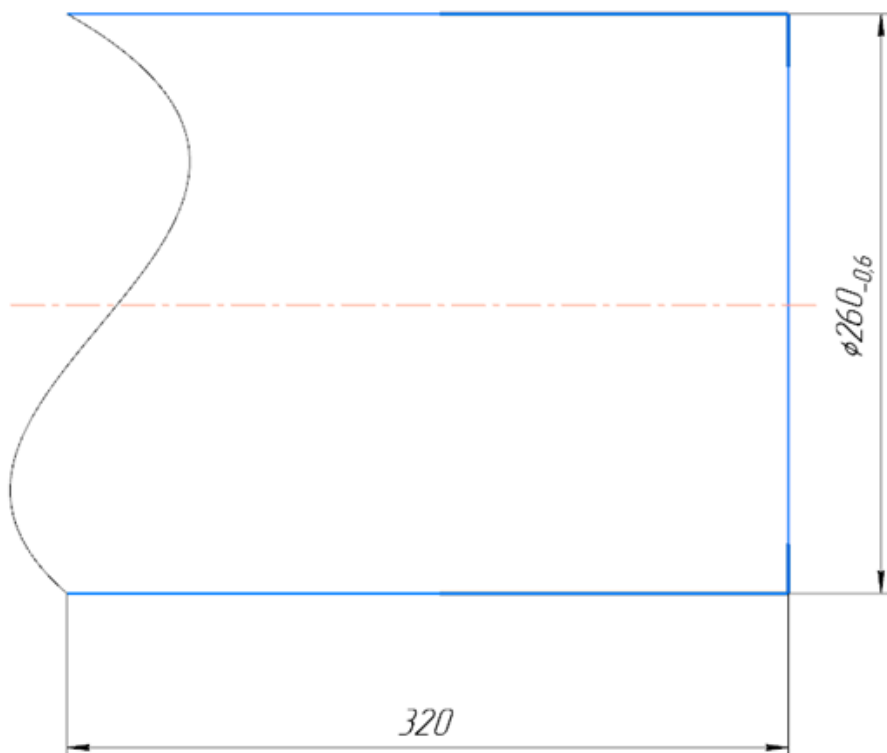
У результаті технологічного контролю креслення матриці виявлено наступне: на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі; шорсткість усіх поверхонь деталі вказана відповідно до ГОСТ 5632-72; допуски і відхилення розмірів наведені відповідно до ГОСТ 5632-72; допуски форми та розташування поверхонь вказані відповідно до ГОСТ 5632-72;

Матеріал деталі сталь 45 піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів (твердий сплав, швидкоріжуча сталь). Всі поверхні [4] деталі доступні для ріжучого інструменту. Ступені поверхонь обертання зменшуються в одному напрямку, вимоги до точності виготовлення поверхонь втулки відповідають вимогам, які пред'явлені до шорсткості цих поверхонь. З урахуванням вище сказанного конструкція деталі є технічною.

					ЛП92.057246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

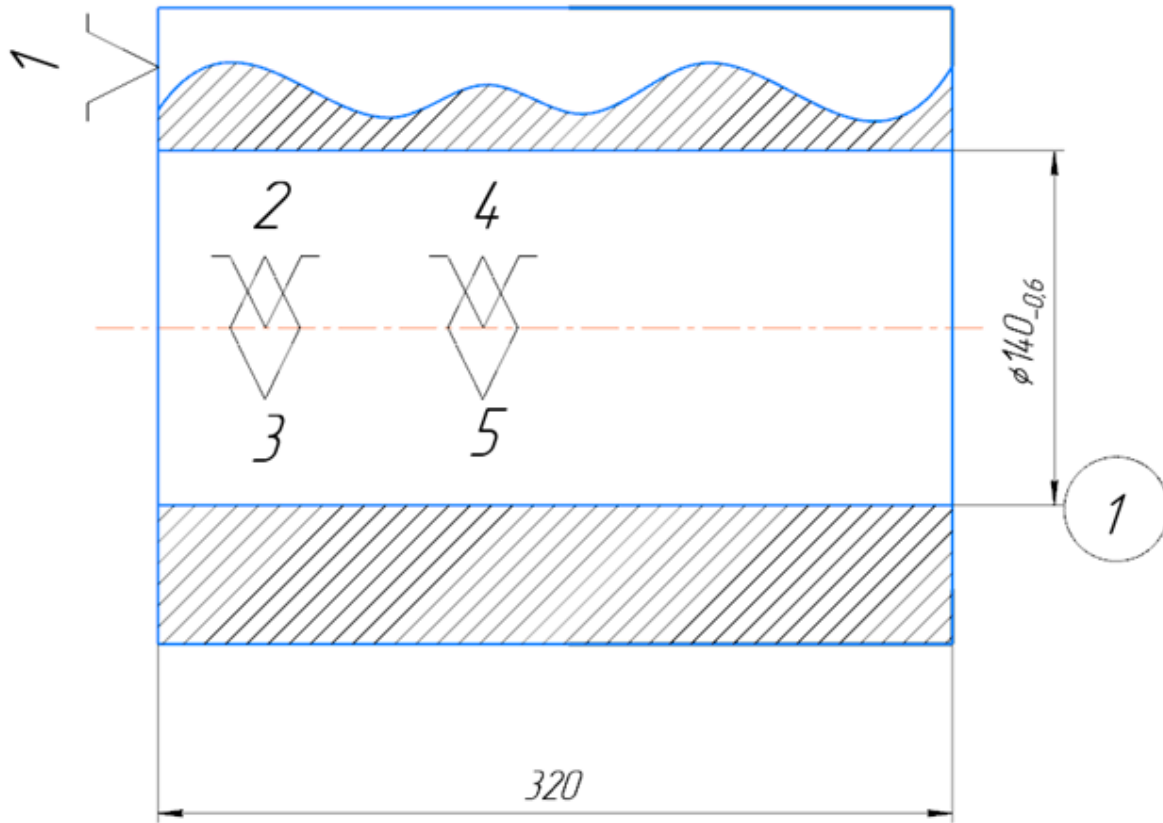
Дубл.											
Взамін.											
Підпис							Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

Розробив	Звізда М.С.			НТУУ "КПІ", ІХФ	МАТРИЦЯ	Н			005
Перевірів	Борщик С.О.								
Н. контр.									



КЕ	Заготовка
----	-----------

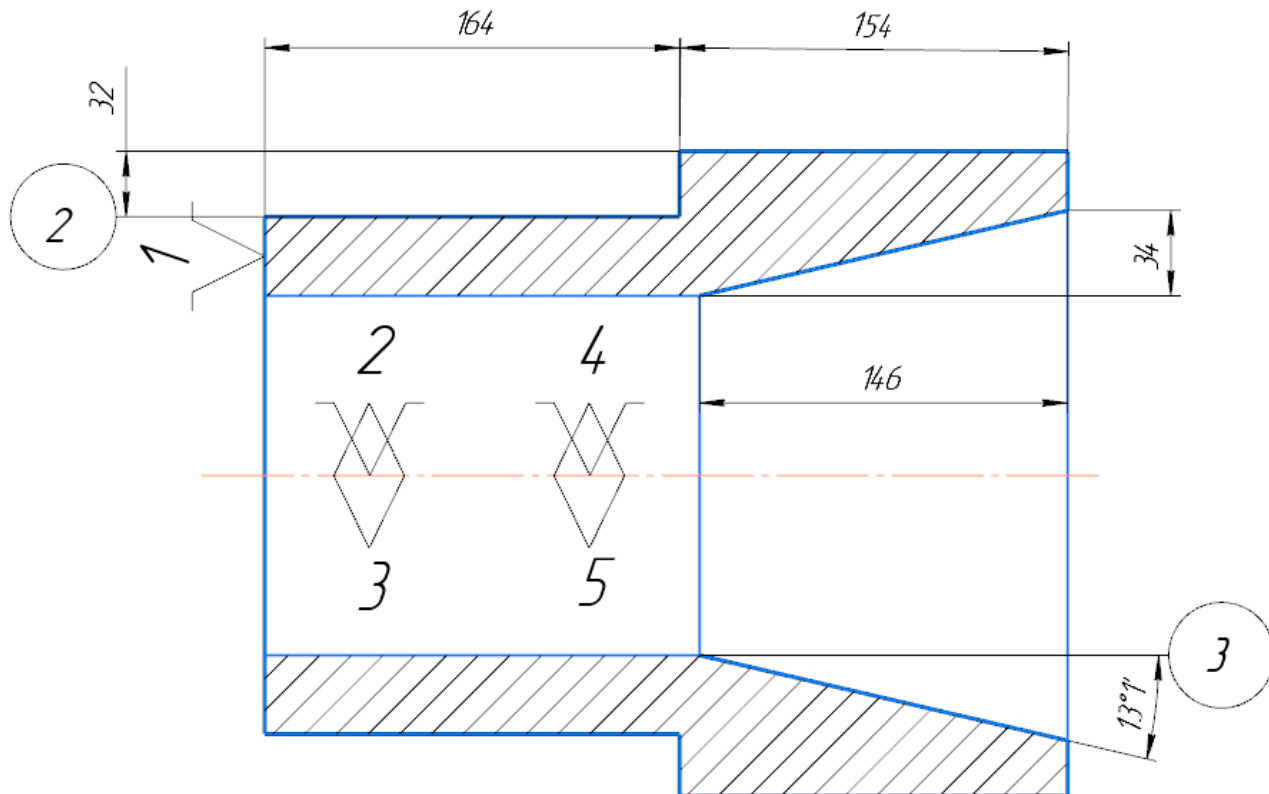
Дубл.														
Взамін.														
Підпис									Зм	Ар	№ док	Підпис	Дата	
Розробив	Звізда М.С.					НТУУ "КПІ", ІХФ						010		
Перевірів	Борщук С.О.													
						МАТРИЦЯ						Н		
Н. контр.														



KE

Обробка різанням

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	Недок	Підпис	Дата
Розробив	Звізда М.С.													
Перевіри в	Борщик С.О.					НТУУ "КПІ", ІХФ							015	
						МАТРИЦЯ						Н		
Н. контр.														



KE

Обробка різанням

Дубл.																				
Взамін.																				
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата						
Розробив	З в і з д а М . С .			НТУУ "КПІ", ІХФ																
Перевірів	Борщук С.О.																			
Н. контр.				МАТРИЦЯ										Н	005					
				Назва операції					Матеріал											
				Заготовча					40X13 ГОСТ 5632-72											
				Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	Коод									
					кє	160				195	1									
				Обладнання, пристрій ЧПК					Позначення програми											
				Токарний верстат з ЧПУ 16K20Ф3																
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР																
						Емульсія														
Р					ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v								
P01	1. Відрізати заготовку;																			
T02	2. Витримувати розмір 320 та $\varnothing 260$ мм;																			
03																				
O04																				
T05																				
T06																				
P07																				
08																				
09																				
O10																				
OK	Обробка різанням																			

Дубл.										
Взамін.										
Підпис						Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

Розробив	З в і з д а М . С .									
Перевіри	Борщик С.О.									
Н. контр.										

НТУУ "КПІ",
ІХФ

МАТРИЦЯ

Н

010

Назва операції

Матеріал

Токарна

40Х13 ГОСТ 5632-72

Твердість

ОВ

МД

Профіль і розміри

МЗ

Коод

кг

160

195

1

Обладнання, пристрій ЧПК

Позначення програми

Токарний верстат з ЧПУ 16К20Ф3

То

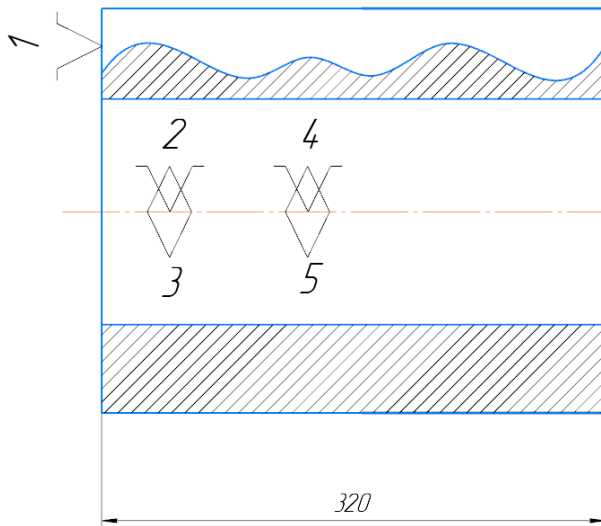
Тд

Тп.з

Тшт.

МОР

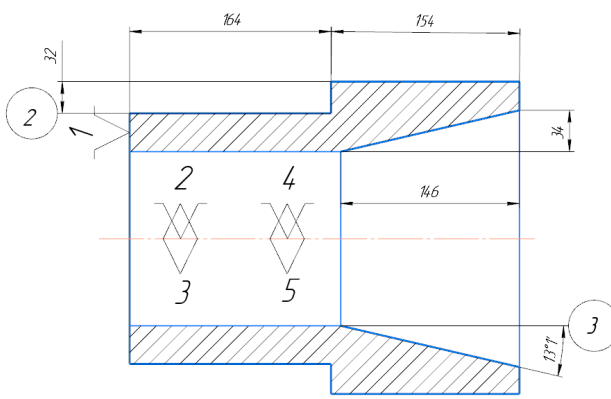
Емульсія



Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Просверлити отвір в поверхні 1 діаметром $\varnothing 140$ мм;								
T02	2. Витримати розміри $\varnothing 140$ мм та 320;								
O3									
O04									
T05									
T06									
P07									
O8									
O9									
O10									
OK	Обробка різанням								

Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

Розробив	З в і з д а М . С .			НТУУ "КПІ", ІХФ										
Перевірів	Борщук С.О.													
Н. контр.				МАТРИЦЯ								Н		010



Назва операції				Матеріал			
Токарна				40X13 ГОСТ 5632-72			
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	Коод	
	кє	160			195	1	
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми			
Заготовка з ЧПК 16K20Ф3							
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР			
				Емульсія			

P		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Сточити поверхню 2 на 32 мм вздовж 164 мм;								
T02	2. Сточити поверхню 3 під кутом 13° вздовж 146мм;								
O3	3. Дотримуватися розмірів Ø210 та Ø140								
O04									
T05									
T06									
P07									
O8									
O9									
O10									

OK Обробка різанням

1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Операції 005 використаємо заготовчу з ЧПУ 16К20Ф3, для операції 010 - токарний верстат з ЧПК 16К20, для операції 015 - токарний верстат з ЧПК 16К20, для операції 025 - Індукційна гартівна установка ВТГ-10-66.

Виконуємо обробку за допомогою стандартного типу інструментів. Матеріали різальної частини різців - тверді сплави Т15К6 та Т30К4.

1.3. Вибір пристосування

На кресленні ЛП92.057246.01-70СК показано пристосування для матриці в екструзійній головці. За допомогою [5] збільшено стабільності потоку матеріалу матрицею кількість бракованого матеріалу повинна зменшуватися. Матриця також забезпечує симетричне переміщення матеріалу перед екструзією.

1.4. Розрахунок сил закріплення пристосування

Під час виконання розточувальних операцій на оброблювану поверхню деталі діють різнонаправлені сили та моменти. На втулку діє складна система сил різання [2-3], з протилежного боку сила затиску (Рис. 1.3)

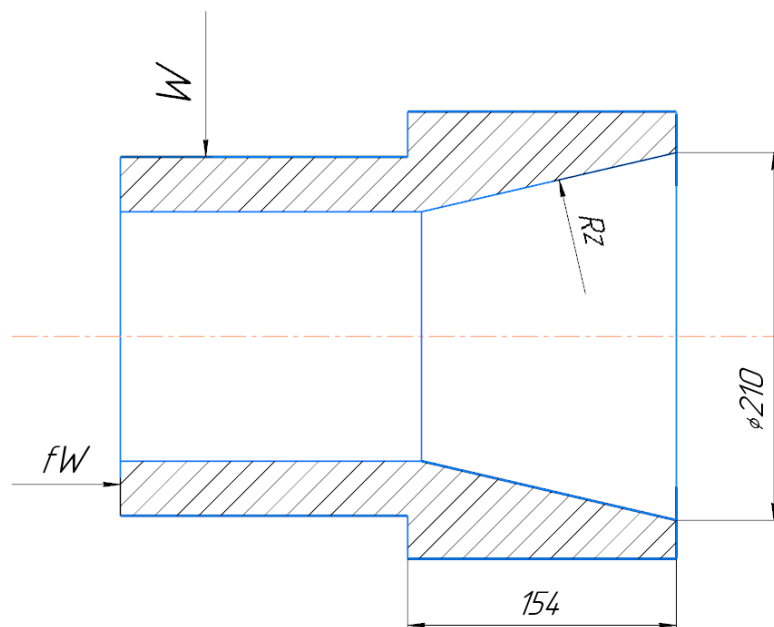


Рисунок 1.3 – Система сил, що діють на деталь під час обробки

					ЛП92.057246.03-70ТЕ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарний крутий момент від дотичної складової сили різання, що прагне повернути заготовку у кулачках дорівнює

$$M_p = P_z * r_1$$

Повороту заготовки перешкоджає момент сили затиску, який визначається наступним чином:

$$M_3 = W_{\text{сум}} * f * r$$

У приведених формулах прийнято:

P_z - головна складова сили різання,

що прагне перевернути заготовку;

$P_z = 577\text{Н}$ за попередніми розрахунками;

r_1 - радіус обробленої частини деталі;

r - радіуснеобробленої частини деталі;

f - коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і кулачків;

$W_{\text{сум}} = W * 3$ - сила затискання деталі трьома кулачками патрона.

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

Із рівності цих моментів визначимо необхідне зусилля затиску, що перешкоджаєповороту заготовки у кулачках:

де K - коефіцієнт запасу

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для усіх пристроїв;

$K_1 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні оброблюваної заготовки;

$K_2 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив сил різання від прогресуючого затуплення інструменту;

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

$K_4 = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, яка створюється приводом пристосування;

					ЛП92.057246.03-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$K_5 = 1$ - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що прагнуть повернути оброблювану деталь навколо її осі.

Остаточно, коефіцієнт запасу:

$$K = 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 2,54.$$

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

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,54 \cdot 450 \cdot 45}{0,35 \cdot 44,6} = 3300H$$

де $r_1 = 45$ мм; $r = 44,6$ мм;

$f = 0,35$ - коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і кулачків для кулачків із рифленою поверхнею.

Приймаємо зусилля затиску $W_{\text{сум}} = 3,3$ кН.

					ЛП92.057246.03-70TE	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ

Розділ «Технологія машинобудування» описує процес виготовлення деталі та логічно обгрунтовує вибір пристосування. Розділ містить наступні матеріали, як карти ескізів, креслення чотириохкулачкового патрона, поетапний опис обробки і заготовки деталі.

Було вибрано виріб, що є останньою ділянкою головки – матриця.

Аналізуючи характеристики виробу, в розділі «Вибір пристосування» вибираємо чотириохкулачковий патрон.

					ЛП92.057246.03-70 ТЕ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. школа, 1983. 256 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.1/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова, 4-е изд., перераб. и доп., М.: Машиностроение, 1986. 656 с.
3. Кудрявцева З. А., Ермолаева Е. В. Проектирование производств по переработке пластмасс методом экструзии : учебн. пособ. к выполн. курсов. и диплом. проектов. Владимир : ВлГУ, 2003. 96 с .
4. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. К.: Інрес : Воля, 2005. 264 с
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т., Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.П. Мещерякова, 4-е изд., перераб. и доп., М.: Машиностроение, 1985. 496 с.

					ЛП92.057246.03-70	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ВИСНОВОК

В дипломному проектуванні було виконано наступний обсяг робіт.

Аналіз робочого місця та охорона праці в підприємстві. Якісний аналіз агрегату для виробництва труб з поліпропілену. Проведено порівняння з стандартами та наявність потрібних розмірів в головці. Визначено тип виробництва і вибрано кращий варіант для вибору раціональнішого варіанту заготовки.

Під час розрахунку на міцність, аналіз довів нерівномірний тиск в ділянках канавок, що нормалізується завдяки модернізації. Деталь з сталі 40Х має потрібні характеристики, щоб проходити розрахунок в ансіс і мати позитивний результат модернізації.

Аналізуючи технологічний процес виготовлення деталі було вибрано кінцеву ділянку модернізованої головки, матрицю, яка виготовляється токарними станками і в дипломному проектуванні саме чотириохвулачковий патрон. Було виконані режими різання та зоготовки, розроблений комплекс технічної документації.

В ході написання дипломного проекту відбувся аналіз стійкості та зносостійкості інструменту.

					ЛП92.057246.00-70	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			ЛП92.057246.01-70В3	Вид загальний	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	ЛП92.057246.01-70В3	Черв'як	1	
		2	ЛП92.057246.01-70В3	Редуктор	1	
		3	ЛП92.057246.01-70В3	Корпус	1	
		4	ЛП92.057246.01-70В3	Циліндр	1	
		5	ЛП92.057246.01-70В3	Бункер	1	
		6	ЛП92.057246.01-70В3	Втулка	1	
		7	ЛП92.057246.01-70В3	Кришка	1	
		8	ЛП92.057246.01-70В3	Пристрій охолодження	1	
		9	ЛП92.057246.01-70В3	Охолоджувач	5	
		10	ЛП92.057246.01-70В3	Електродвигун	1	
		11	ЛП92.057246.01-70В3	Рама	1	

ЛП92.057246.01-70В3				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Звізда М.С.		
Перевірів		Витвицький		
Т. контр.				
Затверд.		Сокольский		

Агрегат для виробництва труб		
Літ	Аркуш	Аркушів
	1	1
КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітки
				<i>Документація</i>		
A1			ЛП92.057246.01-70СК	Вид загальний	1	
				<i>Деталі</i>		
		1	ЛП92.057246.01-70СК	Екструдер	1	
		2	ЛП92.057246.01-70СК	Тепла вакуумна ванна	1	
		3	ЛП92.057246.01-70СК	Холодна вакуумна ванна	1	
		4	ЛП92.057246.01-70СК	Прилад для сушіння	1	
		5	ЛП92.057246.01-70СК	Частотомір	1	
		6	ЛП92.057246.01-70СК	Намотувальна станція	1	

ЛП92.057246.01-70СК				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Звізда М.С.		
Перевірив		Витвицький		
Т. контр.				
Лінія виробництва для виготовлення ПП труб				
			Літ	Аркуш
			1	1
			КПІ ім. Ігоря Сікорського	

(програма складена на мові програмування Python з використанням стандартної бібліотеки math)

```
import math
```

```
D, h_3, t, g_n, e, h_z, d_1, d_3, h_2, L_o, L_do3, K, n, ro = 160, 5.2, 146, 1, 16, 0.4, 116,
    150, 17.42, 1460, 720, 1.45, 0.81, 785
```

```
d_2 = D - 2 * h_2
```

```
a = ((math.pi**2) / (h_2 * h_3)) * (((D*(h_2+h_3))/(2 * h_2 * h_3))-1)
```

```
b = (2.3) / ((h_2 - h_3) * (D**3)) * (math.log10((h_2 * (D + d_3)) / (h_3 * (D + d_1)))) + ((2
    * h_2 * h_3 + (h_2 + h_3) * D) / (2 * (D**2) * (h_2**2) * (h_3**2)))
```

```
c = 1 - ((6.9 * D) / (2*(h_2 - h_3))) * (math.log10(h_2 / h_3)) + ((D**2)/(2 * h_2 * h_3))
```

```
alfa = ((math.pi**3)*(t - g_n * e) * c) / (a + t**2 * b)
```

```
betta = (math.pi * t * (t - g_n * e)) / (12 * L_do3 * (a + (t**2) * b))
```

```
gama = (math.pi**2 * D * h_z**3 * t**2)/(10 * e * L_do3 *
```

```
(math.sqrt((math.pi**2)*(D**2)+(t**2))))
```

```
Q = (alfa * K * n)/(K + betta + gama)
```

```
P = 3600 * ro * Q * (10**-9)
```

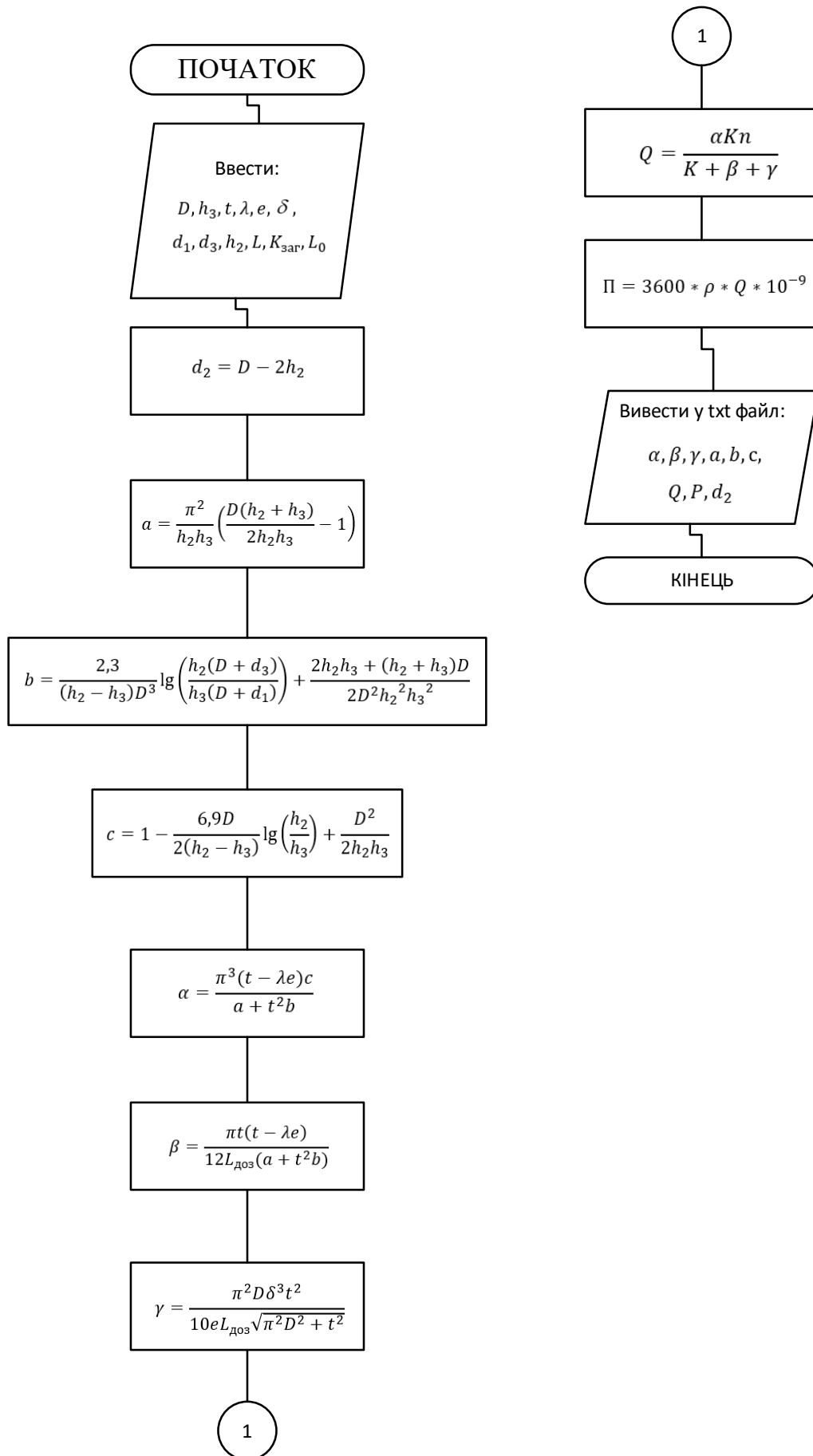
```
lis = {"alfa=": alfa, "betta=": betta, "gama=": gama, "a=": a, "b=": b, "c=": c, "Q=": Q, "P=":
    P, "d_2=": d_2}
```

```
file = open("output.txt", "w")
```

```
file.write(str(lis))
```

```
file.close()
```

БЛОК СХЕМА



ТАБЛИЦЯ ІДЕНТИФІКАТОРІВ

Позначення за текстом	Позначення у програмі	Значення	Розмірність
α	alfa	Розраховується	мм
β	beta	Розраховується	мм
γ	gama	Розраховується	мм
a	a	Розраховується	м^{-2}
b	b	Розраховується	м^{-2}
c	c	Розраховується	м^{-2}
Q	Q	Розраховується	м ³ /с
П	p	Розраховується	Кг/год
D	D	160	мм
h_3	h_3	5.2	мм
t	t	146	мм
λ	g_n	1	шт
e	e	16	мм
δ	h_z	0.4	мм
d_1	d_1	116	мм
d_3	d_3	150	мм
d_2	d_2	Розраховується	мм
h_2	h_2	17.42	мм
L	L_do2	720	мм
$K_{\text{заг}}$	K	1.45	мм
L_0	L_0	1460	мм
ρ	ro	785	кг/м ³

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
Академія будівництва України

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ
XVII Всеукраїнської
науково-практичної конференції**

**ЕФЕКТИВНІ ПРОЦЕСИ ТА
ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ
ТА ПАКУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Київ, 14-15 червня 2023 року

Зміна конфігурації каналів для зменшення бракованого продукту

Звізда М.С., студ., Витвицький В.М., PhD, ас.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Розглянуто варіант вдосконалення конструкції екструзійної головки, у якому його виконання забезпечує зміну конфігурації каналів, що підвищує стабільність пересування матеріалу по каналам, що зменшує кількість браку.

Вступ. Формування полімерних труб відбувається за допомогою екструзійної головки, яка кріпиться до циліндра корпусу екструдера за допомогою фланця. Всі частини корпусу, а також блок радіальних упорних підшипників також з'єднані між собою за допомогою фланців. Нагрівальні елементи встановлюються на правильній частині корпусу. Навантажувальна частина корпусу має канали для подачі і відводу води, яка охолоджує екструдер [1].

Прямотечійні кільцеві головки мають просту конфігурацію й симетричність форми, що забезпечує майже абсолютну рівність швидкостей по поперечному перерізу каналу. Проте дефекти виробу можуть виникнути внаслідок перекосів конструкції, сил тяжіння або нерівномірності температури. Тому в трубних головках зазвичай передбачають пристрій радіального переміщення матриці для корегування рівнотовщинності в коловому напрямку, наприклад радіально розташовані болти, якими надається певний ексцентриситет матриці відносно дорна.

Часто передбачається можливість екструзії на одній головці труб різних розмірів, для цього виконують швидкозмінні мундштуки (пари «дорн – матриця») [1]. Іноді мундштуки сполучають з калібрувальним пристроєм. Для виробництва труб (гладких, гофрованих, перфорованих) і шлангів застосовують кільцеву прямотечійну головку.

Під час процесу екструзії розплав тече нерівномірно в каналі потоку, в результаті чого оправка піддається нерівномірному впливу. Напруження та штовхання відбуваються перпендикулярно до напрямку екструзії, і виріб в результаті матиме нерівну товщину стінки, гофровану внутрішню стінку труби, та інші дефекти.

Винахід [2] має переваги простоти конструкції для високоякісного виробництва пластикових труб та зменшує кількість дефективного продукту, головки екструдера пластикових труб прямого типу з фільтром, щоб вирішити проблеми нерівномірної товщини стінки, гофрованої внутрішньої стінки труби та тяги ковзання продукту.

Як показано на схемі (рис.1), головка екструдера з твердої пластикової труби з ромбоподібною оправкою з буферним каналом містить підкладку 1, роздільник потоку 2, корпус форми 3, оправку 5, матрицю 6 і повітряний впускний стрижень 11. Блок 1, відповідний пристрій 2, корпус форми 3, оправка 5 і матриця 6 об'єднані, щоб утворити канал 4 для розплаву. Зовні корпус форми 3 забезпечений нагрівальним кільцем 10. Аналогічно корпус форми 3 фіксується з матрицею 6 регульовальними гвинтами 7; зовнішня сторона корпусу форми 3 і оправка 5 забезпечена сальником 8, сальник 8 і корпус форми 3 з'єднані кріпильними гвинтами 9, а серцевина оправки 5 ромбічної форми для серцевини, форма для серцевини оправки 5 забезпечена двома увігнутими дугоподібними буферними канавками 12, що відповідають вихідному кінці матриці 6.

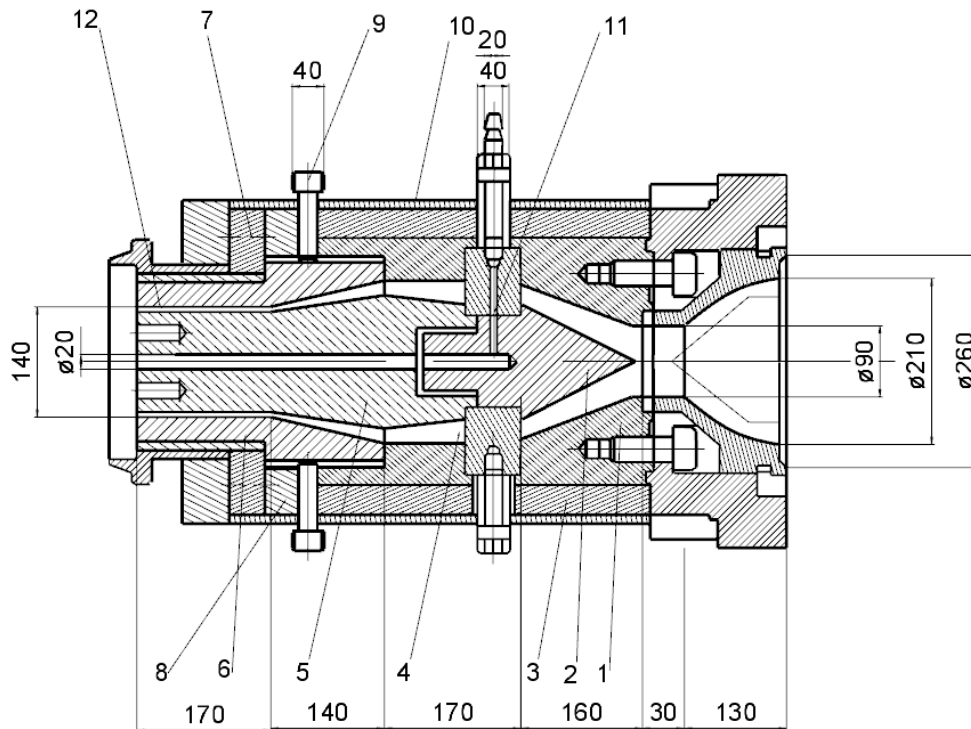


Рисунок 1 – Головка екструдера з пластиковою жорсткою трубкою з ромбічним сердечником буфера:
 1 – блок; 2 – роздільник потоку; 3 – корпус форми; 4 – канал розплаву; 5 – оправка; 6 – матриця; 7 – регулювальний гвинт; 8 – сальник; 9 – кріпильний гвинт; 10 – нагрівальне кільце 11 – повітрязабірна штанга; 12 – буферна ємність

Довжина калібрувального каналу постійного поперечного перерізу на виході для стабілізації течії і релаксації внутрішніх напружень в розплаві зазвичай складає 10–31 значень товщини труби [3].

Головка екструдера для труб з поліпропілену включає в себе прокладку, дільник потоку, корпус прес-форми, оправку, матрицю та повітрязабірний стрижень.

Комбінація стрижневої форми та роторної форми утворює канал розплаву, зовнішня сторона корпусу форми забезпечена нагрівальним кільцем, а корпус форми та форма забезпечені регулювальними гвинтами.

Завдяки ромбічній формі оправки, матеріал починає рухатися по каналам стабільно, а розплавлений матеріал двічі розширюється та ущільнюється в каналі розплавленого матеріалу, потім стискається та екструдується в трубу, що сприяє рівномірній пластифікації пластмас, покращує ефект пластифікації та робить продукт більш щільний

Висновок. Розглянута модернізація дає наступний корисний ефект: виробництво високоякісних пластикових труб та економію коштів для вирішення проблем нерівномірної товщини стінки, але є недолік в постійному концентричному стані матриці, щоб зробити товщину екструдованої труби рівномірною.

Перелік посилань

1. Мікульонюк І. О. Механічні та гідромеханічні процеси, апарати і машини хімічної технології: Практикум : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 174 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41037>
2. Головка екструдера з пластиковою жорсткою трубкою з ромбічним сердечником буфера: пат. CN102463664 (A) Китай: В29С48/32; В29L23/00; заявл. 11.11.2010, опубл.23.05.2012
3. Басов Н. И., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Розрахунок та конструювання обладнання для виробництва та переробки полімерних матеріалів : учеб. для вузов. М. : Химия, 1986. 488 с