

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 6.050503 - Машинобудування на тему:

_____ Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера _____

Виконала студентка 4 курсу, групи ЛП-92

_____ Козінчук Дарія Олександрівна _____

Консультанти розділів проекту:

Керівник асистент, PhD Витвицький Віктор Миронович _____

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

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

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ Борщик С.О., ст. викладач _____

РЕЦЕНЗЕНТ _____ (посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____ (підпис)

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

_____ (підпис)

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 студентці

Козінчук Дарії Олександрівні

1. Тема проекту «Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера», керівник проекту асистент, PhD Витвицький Віктор Миронович, затверджені наказом по університету від «26.05» 2023 р. №2024-с

2. Термін подання студентом проекту 16.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту:

Діаметр черв'яка 45 мм; відношення довжини черв'яка до діаметру 22; перероблюваний матеріал ПЕНГ; виріб плівка рукавна

4. Зміст пояснювальної записки

Пояснювальна записка містить наступне: зміст, вступ, технологічна лінія з використанням машини, принцип роботи та загальний вигляд машини, розрахунки машини, літературно-патентний огляд стану питання, опис та обґрунтування запропонованої модернізації, розділ «Охорона праці», розділ «Технологія машинобудування». Розділ «Розрахунки» має містити розрахунки основних геометричних розмірів та які підтверджують працездатність: міцність, кінематичні та параметричні характеристики.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення: лінія для виробництва плівки (1 лист), агрегат для виробництва плівки (1 лист), вузли обладнання (2 листа), креслення базової та модернізованої конструкції (2 листа), плакати ілюстрацій результатів виконання розрахунків (2 листа), пристосування (1 лист).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун А.І. к.т.н, ст. викладач	10.06	12.06
Модернізація	Щербина В.Ю. д.т.н., проф.	30.05	09.06
Тех. маш.	Борщик С.О., ст..викладач	13.06	14.06

7. Дата видачі завдання 26.05.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування.	26.05	
2	Патентно-літературний пошук для здійснення модернізації вузла. Обґрунтування модернізації.	27-29.05	
3	Виконання кінематичних та параметричних розрахунків.	30.05-09.06	
4	Підготовка розділу «Пояснювальна записка».	10.06	
5	Підготовка розділу «Розрахунки».	11.06	
6	Виконання порівняльних розрахунків базової конструкції і модернізованої за допомогою SolidWork Simulation	12-13.06	
7	Підготовка розділу «Технологія машинобудування».	14-15.06	
8	Захист дипломного проекту	16.06	

Студент

Козінчук Д.О.

Керівник проекту

Витвицький В.М.

Зміст дипломного проекту

РЕФЕРАТ	5
ABSTRACT	0
ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ	1
I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	1
II. РОЗРАХУНКИ	1
III. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	38
ВИСНОВКИ.....	20
ДОДАТКИ.....	22

					<i>ЛП92.067346.00-70</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Козінчук Д.О.</i>			<i>Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Перев.</i>		<i>Витвицький В.М.</i>					<i>1</i>
<i>Н. Контр.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ</i>	
<i>Затв.</i>		<i>Сокольський О.П.</i>					

РЕФЕРАТ

Темою дипломної роботи є “ Агрегат з виробництва плівки з модернізацією екструдера”. Виконавець – студ. групи ЛП-92 Козінчук Д.О., керівник - асистент, PhD Витвицький В.М.

Дипломний проект містить текстову і графічну частину. Текстова частина має 3 розділи і додатки. Загальний обсяг – 76 с., 35 іл., 5 табл., 24 джерела посилань. Графічна частина містить 7 креслень та 2 плакати з порівнянням розрахунків базової та модернізованої конструкції.

Об`єктом розробки є агрегат з виробництва плівки з модернізацією екструдера. Метою проекту є вибір найкращого рішення для удосконалення корпусу екструдера. Тому був проведений літературно-патентний пошук та виконані певні розрахунки. Найкращим рішенням покращення характеристик екструдера було обрано модернізацію корпусу методом встановлення всередині різьбової вставки.

Під час роботи над дипломним проектом було здійснено наступні розрахунки: параметричні, на міцність, перепади тиску в головці та тепловий. На основі параметричних розрахунків були виконані креслення основних вузлів екструдера, креслення загального виду агрегату, технологічної лінії виготовлення плівки та модернізованої конструкції в середовищі КОМПАС. Розрахунки корпусу до модернізації та після в середовищі SolidWork Simulation дає видимий результат покращення характеристик методом порівняння розрахунків базової та модернізованої конструкцій.

Для покращення роботи базового корпусу екструдера була виконана модернізація по обраному патенті UA №109678. В корпус вмонтовується вставка з різьбою, яка забезпечує щільний контакт з різьбою черв`яка та запобігає протитоку розплаву в середині корпусу.

По результатам роботи зроблено доповідь на всеукраїнській конференції і надруковано тезу.

ЕКСТРУДЕР, КОРПУС, ПЛІВКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ

ABSTRACT

The theme of the thesis is "Film production unit with extruder modernization". Performer - student of the group LP-92 Kozinchuk D.O., supervisor - assistant, PhD V.M. Vitvitsky.

The diploma project contains text and graphic parts. The text part has 3 chapters and appendices. The total volume is 76 p., 35 illustrations, 5 tables, 24 references. The graphic part contains 7 drawings and 2 posters with comparison of calculations of the basic and modernized design.

The object of development is a film production unit with modernization of the extruder. The aim of the project is to select the best solution for improving the extruder body. Therefore, a literature and patent search was conducted and certain calculations were performed. The best solution to improve the extruder's performance was to modernize the housing by installing a threaded insert inside.

The following calculations were performed during the diploma project: parametric, strength, pressure drops in the head, and thermal. Based on the parametric calculations, drawings of the main components of the extruder, drawings of the general view of the unit, the technological line for the production of film and the modernized design were made in the KOMPAS environment. Calculations of the housing before and after modernization in SolidWork Simulation give a visible result of improved performance by comparing the calculations of the basic and modernized designs.

To improve the operation of the basic extruder body, the modernization was performed according to the selected patent UA No. 109678. A threaded insert is mounted in the body, which provides tight contact with the worm thread and prevents the melt from flowing backward in the middle of the body.

The results of the work were presented at an all-Ukrainian conference and the thesis was published.

EXTRUDER, HOUSING, FLOAT, MODERNIZATION, CALCULATIONS.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

Крок гвинтової лінії черв'яка, мм	t
Кут підйому гвинтової лінії, °С	φ
Товщина гребеня черв'яка, мм	e
Зазор між черв'яком і гільзою, мм	δ
Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження, мм	h_1
Глибина гвинтового каналу в зоні стиснення, м	h_2
Глибина гвинтового каналу в зоні дозування, мм	h_3
Ступінь стиску поліетилену	i
Діаметр стержня під завантажувальною воронкою, мм	d_1
Діаметр вала черв'яка на початку зони стиснення, м	d_2
Діаметр стержня в зоні дозування, мм	d_3
діаметр каналу для охолодження, м	d_0
Довжина торпеди з мішалкою, мм	$L_{\text{торп}}$
Довжина робочої частини черв'яка, мм	$L_{\text{роб}}$
Довжина зони завантаження, мм	$L_{\text{зав}}$
Довжина зони дозування, мм	$L_{\text{доз}}$
Довжина зони стиснення, мм	$L_{\text{ст}}$
Довжина опори і евольвентного зачеплення, мм	$L_{\text{ев}}$
Довжина відбійної частини, мм	$L_{\text{відб}}$
Загальна довжина черв'яка, мм	L
Критична частота обертання черв'яка, с^{-1}	$n_{\text{кр}}$
Робоча частота обертання черв'яка, с^{-1}	$n_{\text{р}}$
Коефіцієнт форми для формуючого інструменту, мм^3	K
Коефіцієнт прямого потоку, мм^3	α
Коефіцієнт зворотного потоку, мм^3	β
Коефіцієнт потоку утічок, мм^3	γ

Об'ємна продуктивність потоку, $\frac{\text{мм}^3}{\text{с}}$	Q
Об'ємна продуктивність потоку при питомій густині, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$	Π
Швидкість потоку, с^{-1}	$\dot{\gamma}$
Ефективна в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$\mu_{\text{еф}}$
Перепад тиску, Па	Δp
Потужність, Вт	N
Крутний момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$	$M_{\text{кр}}$
Осьове зусилля, Н	$P_{\text{ос}}$
Розподілене навантаження, Н/м	q
Маса черв'яка, кг	G
Стискальне напруження, МПа	$\sigma_{\text{ст}}$
Площина небезпечного перерізу, м^2	F
Максимальний згинальний момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$	M_{max}
Осьовий момент опору, м^3	W_x
Дотичні напруження, МПа	τ
Полярний момент опору, м^3	W_p
Еквівалентне напруження, МПа	$\sigma_{\text{екв}}$
Коефіцієнт запасу	n
Коефіцієнт запасу міцності	n_{σ}
Допустиме напруження, Па	σ_{-1}
Найбільше напруження від дії згинального моменту, Па	σ_{max}
Ефективний коефіцієнт концентрації напружень	$(k_{\sigma})_d$
Полярний момент інерції, м^3	I
Радіус інерції, м	i
Ступінь жорсткості	λ
Коефіцієнт замурування	μ
Найбільший прогин	δ_p

Напруження на зминання, МПа

$\sigma_{зм}$

Модуль, мм

m

Кількість зубів шліцьового з'єднання

z

Площина контакту, м²

F

Коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження

ψ

					ЛП92.067346.00-70	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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

Київ 2023

I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Зміст

ВСТУП.....	2
1. ПРИЗНАЧЕННЯ Й ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ.....	3
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИНИ.....	4
3. ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД МАШИНИ.....	8
4. ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ	10
4.1. Патентно-літературний огляд конструкцій.....	10
4.2. Висновки за результатами пошуку.....	14
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	15
5.1. Повітря робочої зони	15
5.2 Виробничий шум.....	17
5.3 Небезпека впливу елементів що рухаються і обертових частин.....	18
ВИСНОВКИ.....	19
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	20

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.		Козінчук Д.О.			Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		Витвицький В.М.					1	
Н. Контр.								
Затв.		Сокольський О.Л.						
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		

ВСТУП

Машинобудування – комплексна галузь промисловості, основним призначенням якої є виробництво засобів виготовлення для інших галузей промисловості, транспортних засобів, а виробів народного споживання і оборонного призначення. Сучасне машинобудування також забезпечує виробництво полімерних плівок, придатних для подальшого використання в харчовій тарі тощо.

Завдяки невисокій ціні та властивостям поліетилен низького тиску є одним з найпоширеніших матеріалів. Цей відносно легкий полімер має хорошу вологонепроникність, стійкість до кислот і лугів та легкооброблюваність, витримує низькі температури. Поліетилен добре деформується при високій температурі.

Широке впровадження черв'ячних машин для переробки полімерів в безпосередньо пов'язане з тим, що машини є безперервними і забезпечують повну механізацію і автоматизацію процесу.

Метою дипломного проекту є проектний розрахунок одночерв'ячного екструдера для переробки полімерних матеріалів та модернізація екструдера з метою покращення продуктивності.

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		2

1. ПРИЗНАЧЕННЯ Й ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ

Завдяки своїй доступності, ПЕНГ широко використовується в найрізноманітніших цілях. Традиційні плівки є одними з найдешевших плівок з невеликою кількістю аналогів, доступних виробникам, і використовуються в багатьох галузях промисловості. Плівку застосовують в таких областях [1]:

- Виготовлення упаковки та тари;
- Виробництво одноразових пакувальних виробів;
- Створення упаковки для медикаментів;

Полімерні рукавні плівки найбільшого використання набули у виготовленні харчової тари. Харчова тара – вид упаковки, що потребує особливо ретельного підбору способів виробництва, умов зберігання та методів обробки. Упаковка повинна бути безпечною, естетичною та економічною.

Гнучка поліетиленова упаковка істотно збільшує термін зберігання продуктів, запобігає засиханню і обвітрюванню та проникненню сторонніх запахів, дозволяє довше зберігати їх товарний вигляд.

Ключовими особливостями цієї плівки є її здатність розтягуватися з подовженням до 250-300% і здатність не з'єднуватися з продуктом, який пакується.

Рукавну плівку поліетилену можливо отримати за допомогою екструдуювання гомогенізованого розплаву полімеру [2].

Також завдяки своїм властивостям поліетилен низької густини здатний витримувати різного діапазону температури, що дає змогу зберігати в упаковці заморожені продукти.

Поліетиленова рукавна плівка для харчових продуктів використовується як більш дешевий і зручний пакувальний матеріал, як альтернатива пакувального паперу в торгівлі важкими продуктами (масло, твердий сир, ковбасні вироби та ін.).

					ЛП92.067346.01-70ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			3

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИНИ

Лінія для виробництва плівки може бути використана у виготовленні рукавної плівки з різних матеріалів, таких як: поліетилену високого та низького тиску, поліхлорвінілу, поліамідів, полістиролу, тощо. В даному випадку розглядається виготовлення плівки з поліетилену низької густини, а саме для виготовлення одноразової полімерної тари [3].

Загальний вид лінії для виробництва плівки зображено на рис.2.1.

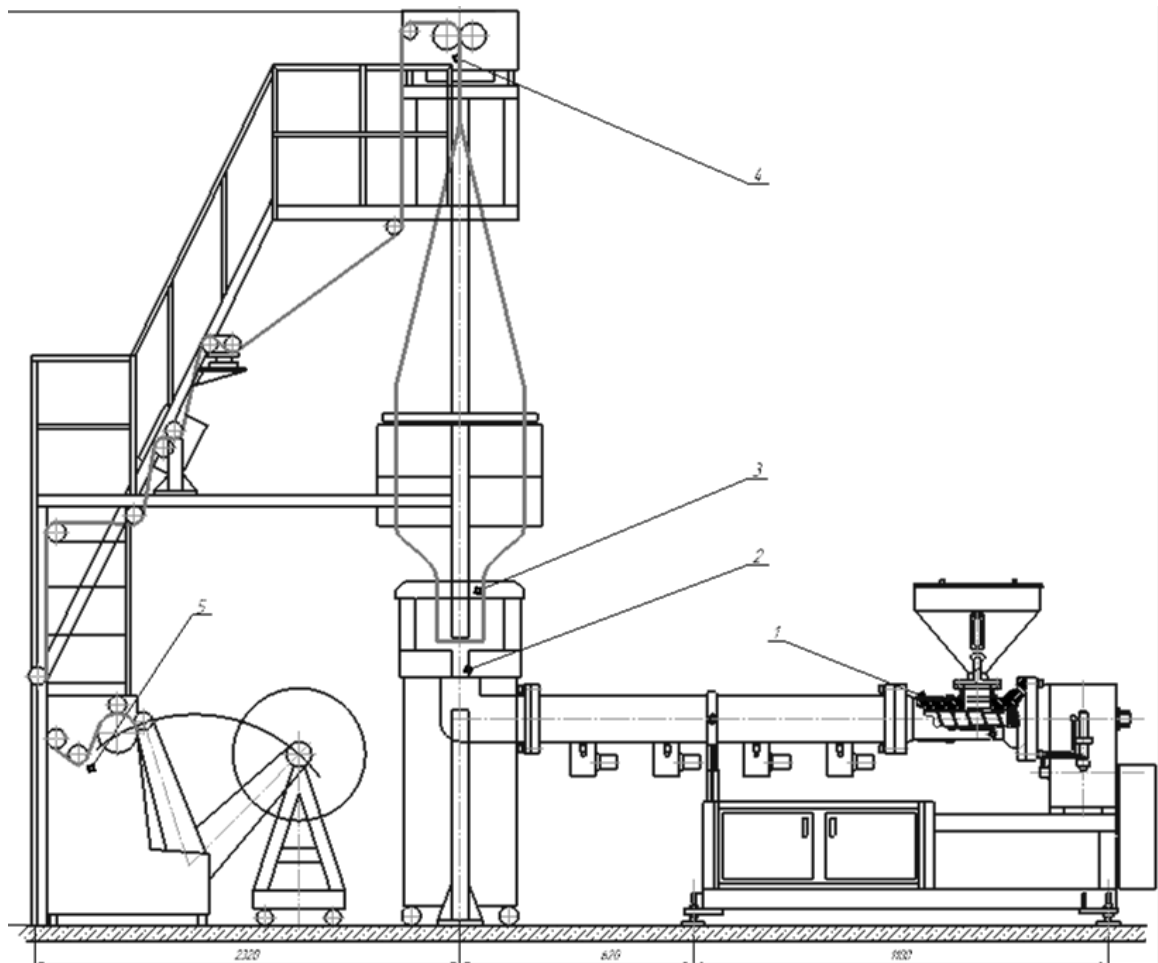


Рисунок 2.1 - Лінія для виробництва плівки (позначення в тексті)

До складу лінії входить – черв'ячний екструдер 1, головка 2, охолоджуючий пристрій 3, тягнучий пристрій 4, намотувальний пристрій 5.

Черв'ячний екструдер 1 працює таким чином: сировина у вигляді гранул поліетилену потрапляє до бункера, звідки потрапляє в завантажувальну

					ЛП92.067346.01-70ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		4

горловину і корпус. Під дією зовнішніх нагрівачів і за рахунок обертання черв'яка гранули полімеру плавляться і розплав підлягає інтенсивному змішуванню та гомогенізації.

Порушення сталого режиму роботи екструдера (пульсації продуктивності і тиску), зміна складу і реологічних властивостей сировини, що переробляється, призводить до дестабілізації тиску в формуючій головці 2 (рис.2.2) і вимагає оперативного впливу, пов'язаного зі зміною площі поперечних перерізів дроселюючих каналів філь'єрів.

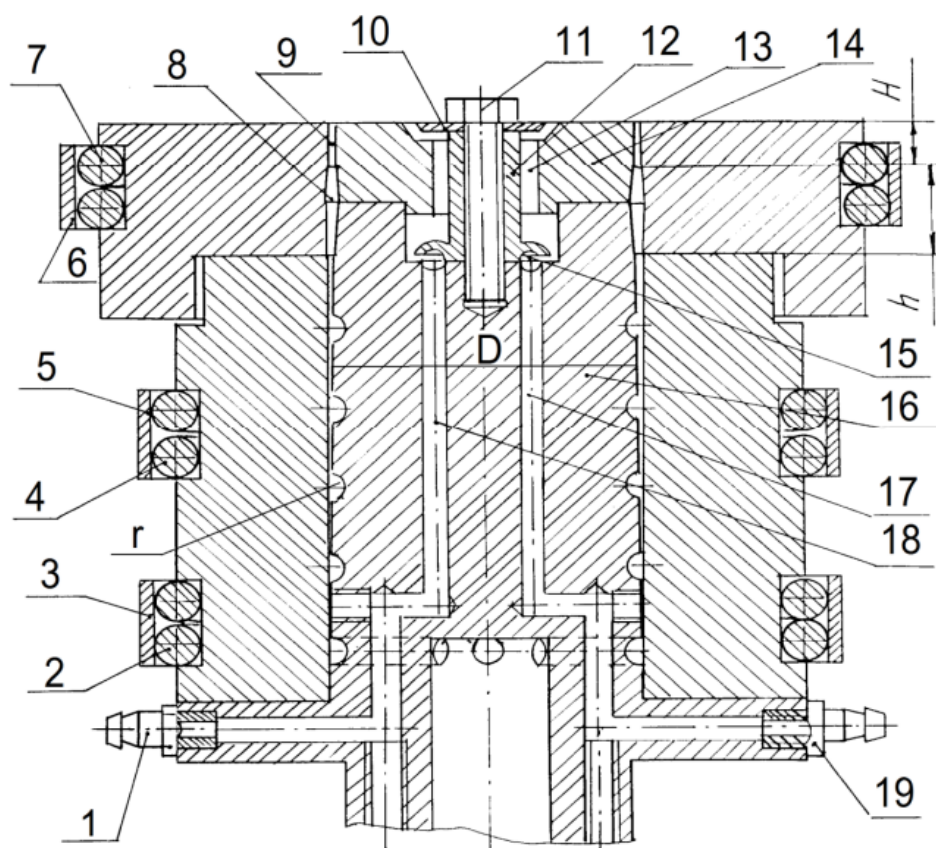


Рисунок 2.2 – Екструзійна головка для виготовлення рукавної полімерної плівки

1 – штуцер; 2,4,7 – нагрівники; 3,5,6 – кожухи; 8 – підвідна щілина; 9 – формуюча щілина; 10 – розсікач; 11 – болт; 12 – розподільник; 13 – центральний канал; 14 – наконечник; 15 – камера; 16 – основа; 17,18 – підвідні канали; 19 – штуцер

Головка [4] призначена для виготовлення рукавної плівки з полімерів методом екструзії і може бути використаний для отримання термоусадочної плівки. Екструзійна головка для виготовлення рукавної полімерної плівки складається з корпусу, в якому встановлений приймальний розплавопровід, фільтруючої касети, різбового радіального отвору корпусу в якому закріплений дорн, що складається з підстави і наконечника, основи, наконечника, випарної камери, розподільника, розсікача потоку повітря, гільзи, мундштука, нагрівачів, кожухів, штуцера, матриці. Даний пристрій має ряд недоліків, які полягають в наступному: не забезпечується повна гомогенізація розплаву; відсутні умови для нанесення покриття всередині рукава плівки; слабо вирівнюється тиск розплаву і швидкість потоку розплаву по периметру формуючої щілини, що веде до утворення смуг (фестонів).

Сформований у головці рукав подається далі у тягнучі валки 4. Суть роботи валків полягає в формуванні рукава та фіксування отриманих розмірів охолодженням системою 4.

Намотувальний пристрій 5 - це приймальний механізм, який складається з металевої рами, двох приводів, пневматичного циліндра і двох покритих гумою роликів. Рама приймача складається з двох пластин, жорстко закріплених між собою. На пластинах закріплені пневмоциліндр, привід і опори для двох валків. Один з валків встановлений стаціонарно, обертання регулюється безступінчатою передачею. Другий валок є рухомим і притискається до нерухомого валка двома пневмоциліндрами. Робоча частина гумових вальців має діаметр до 250 мм і довжину до 1700 мм. Використання двох вальців забезпечує рівномірне зусилля притискання по робочій довжині.

Робота лінії по виробництву плівки показана у [5].

Технічні характеристики лінії наведені у табл. 2.1.

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		6

Таблиця 2.1 Технічна характеристика лінії для виробництва

Найменування параметра	Значення
Максимальна продуктивність при екструзії плівки з номінальною товщиною 0,100 – 0,120 мм і шириною рукава 1500 ± 5 мм, кг/год, не менше	135
Максимальна ширина плівки в розгорнутому вигляді, мм,	3000
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
Лінійна швидкість прийому плівки, м/с	0,068-0,68
Електропостачання: 1) трифазна чотирьох провідна мережа із глухо заземленою 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 ширина висота	 7700 3500 6700
Маса, кг, не більше	7330

3. ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД МАШИНИ

Черв'ячний екструдер зображено на рис.3.1.

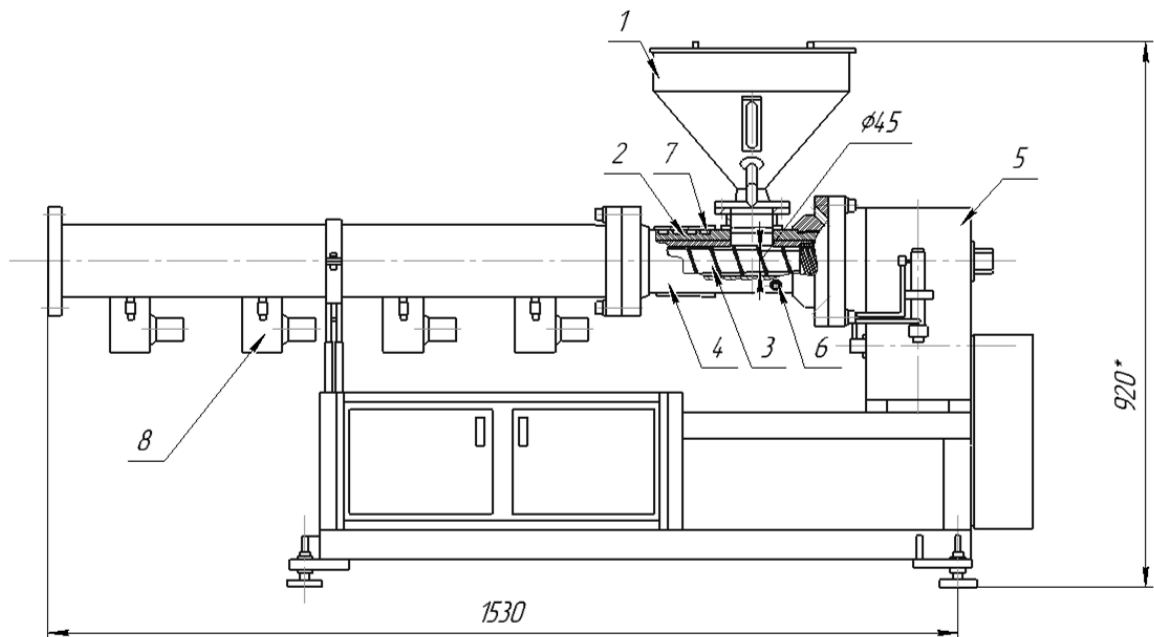


Рисунок 3.1 – Черв'ячний екструдер (позначення в тексті)

Черв'ячний екструдер складається з таких частин: завантажувальна горловина 1, корпус 4, що складає основу всієї конструкції та головний робочий орган черв'як 3.

Полімерний матеріал з бункера 1 надходить в матеріальний циліндр 2, де захоплюється обертовим черв'яком 3 і транспортується до формуючої головки.

Корпус оснащений нагрівачами 7 і знаходиться в корпусі 4. Також екструдер, для охолодження матеріалу оснащений електровентиляторами 8. Охолодження зони завантаження екструдера здійснюється водою через спеціальні канали 6. Обертання черв'яка 3 здійснюється від електродвигуна постійного струму через редуктор 5.

Конструкція черв'яка, як правило, передбачає його внутрішнє охолодження водою. Черв'як отримує обертання від електромеханічного приводу. Він складається з електродвигуна постійного чи змінного струму, а

також редуکتивної механічної передачі. Осьове зусилля, що діє на черв'як в напрямку, протилежному транспортуванню розплаву, сприймається підшипниковий вузлом. Всі робочі вузли екструдера змонтовані в редукторі 5 [6].

Товстостінний циліндричний корпус – це основний робочий орган пресів, у якому здійснюється обертання черв'яка.

Транспортування сировини по гвинтовому каналу супроводжується певною деформацією матеріалу та зростанням тиску. Одночасно з цим відбуваються самі різноманітні процеси:

- нагрівання матеріалу за рахунок енергії дисипації та енергії, що підводиться від системи нагрівання циліндра;
- розпочаті температурою, що зростає та тиском хімічні, фазові та інші перетворення;
- ущільнення та монолітизація сипких матеріалів; змішування компонентів;
- знешкодження з матеріалів газоподібних та інших компонентів.

У зоні живлення відбувається прийом сировини і подальше її переміщення за напрямком до зони плавлення й ущільнення. Зона завантаження виконується з великим об'ємом гвинтового каналу черв'яка для підвищення продуктивності.

У зоні плавлення відбувається розплавлювання полімеру, його ущільнення і дегазація. Для ефективного проведення даних процесів канал черв'яка в зоні плавлення виконується з поступово зменшуваним об'ємом. Це зазвичай досягається зі зменшенням глибини каналу, кроку гвинтової лінії чи обох параметрів.

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

Отже одним із недоліків лінії є недостатня якість готової продукції, тому що базова конструкція не забезпечує рівномірне завантаження матеріалу, що призводить до зміни тиску на вході в формуючу головку і як наслідок призводить до підвищення браку. Також, причиною поганої якості виробів є неоднорідність матеріалу та недостатня гомогенізація.

					ЛП92.067346.01-70ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		9

4. ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

В результаті аналізу конструкції черв'ячного екструдера було виявлено недолік - низька продуктивність.

В результаті проведення інженерно-технічного аналізу відомих черв'ячних екструдерів з метою виявлення їх переваг та недоліків було виконано патентний огляд [7-11].

4.1. Патентно-літературний огляд конструкцій

Провівши огляд існуючих патентів, які покращують роботу черв'ячних екструдерів та якість кінцевого продукту – рукавної плівки, з метою вдосконалення конструкції екструдера, було виявлено наступне:

У патенті [7] запропоновано вдосконалену конструкцію корпусу екструдера (рис.4.1), додатково оснащену порожнистою циліндричною вставкою з різьбовою внутрішньою поверхнею.

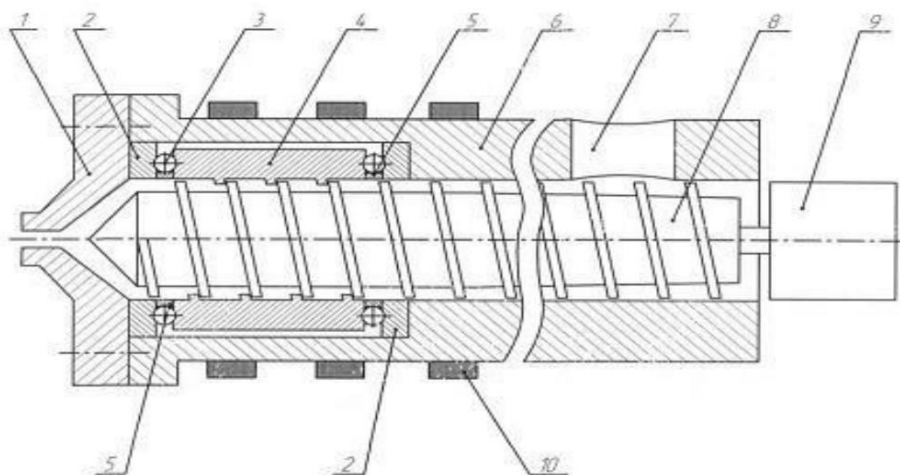


Рисунок 4.1 - Одношнековий екструдер

Вставка розміщена між циліндром для матеріалу і черв'яком, перед формуючою головкою, і може обертатися навколо своєї осі для приведення різьбової сторони вставки в контакт з черв'яком, з кулькою на кінці вставки для точного центрування, а також ущільнювальним і стопорним кільцем. Така конструкція забезпечує надійний контакт між черв'яком і різьбовою стороною

вставки, запобігаючи зворотному потоку розплаву в дозуючій секції, незалежно від типу матеріалу, що переробляється, і значно підвищуючи продуктивність одношнекових екструдерів.

Завданням патенту [8] є поліпшення енергозберігаючих характеристик корпусу екструдера (рис.4.2) шляхом удосконалення корпусу екструдера, що забезпечує підвищення енергоефективності, тобто максимальне вилучення, збереження і раціональне використання теплової енергії. Це завдання вирішується в цьому екструдері для виробництва полімерних матеріалів шляхом розміщення теплообмінного пристрою в корпусі матеріального циліндра під ізолюваним кожухом, що дозволяє відбирати тепло і подавати його в завантажувальний бункер по трубопроводу, таким чином підвищуючи і підтримуючи температуру повітря 80-90°C, необхідну для сушіння сировини. Модернізація має вигляд спіральної теплообмінної трубки, встановленої на зовнішній стороні корпусу матеріального циліндра і інтегрованої в трубопровід, що з'єднаний з завантажувальним бункером.

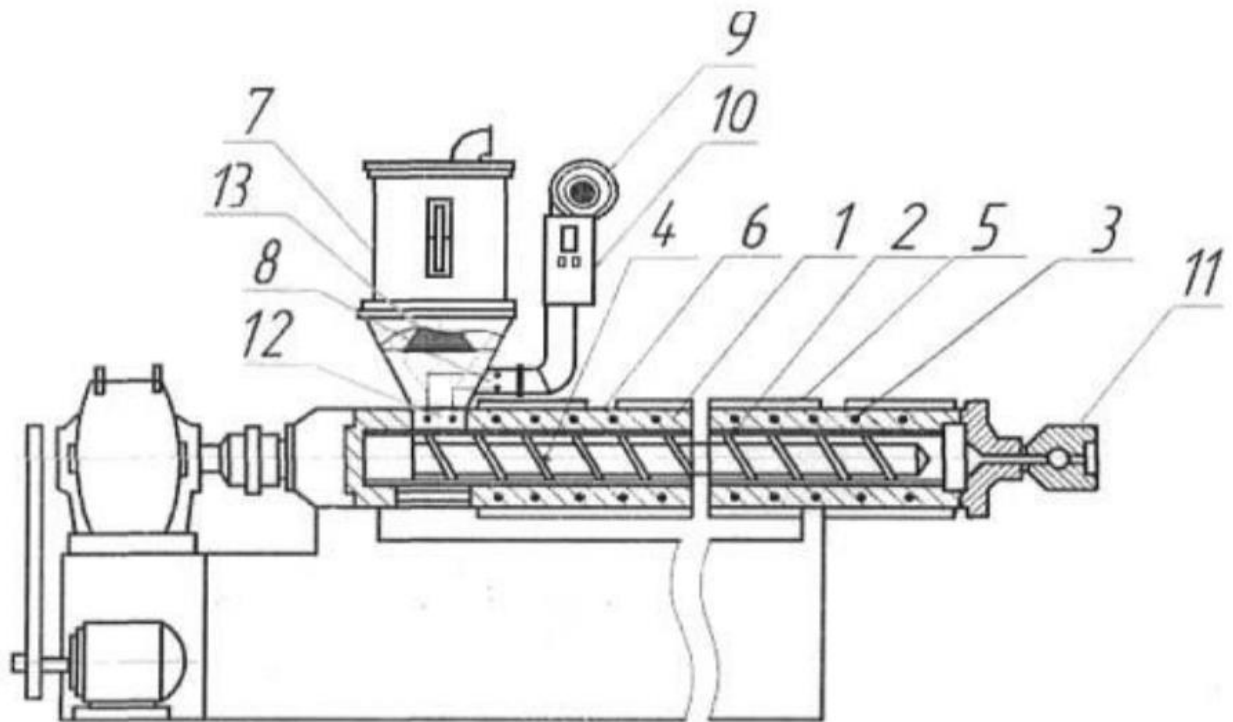


Рисунок 4.2 - Одношнековий екструдер для виробництва полімерних матеріалів з пристроєм теплообміну

У патентному винаході [9] зазначено, що черв'ячний екструдер (рис.4.3) містить порожнистий корпус, що має розвантажувальний отвір і вхідний отвір, і розташований в ньому обертовий черв'як, причому черв'як має опорний підшипниковий вузол і складається з двох секцій по його довжині, причому секція черв'яка з боку вхідного отвору має більший діаметр і здатна обертатися в поздовжньому напрямку, причому секція черв'яка з боку завантажувального отвору має незалежний привід обертання, а з боку завантажувального отвору черв'ячна секція кінематично з'єднана з заслінкою за допомогою рухомого важільного механізму, який виконаний у вигляді рухомого важеля. Перераховані вище ознаки складають зміст корисної моделі. Отримані технічні результати полягають у наступному. Механічне навантаження регулюється зворотно-поступальним черв'яком першої секції шляхом переміщення важільного механізму. Це сприяє підвищенню якості екструдованого полімерного виробу.

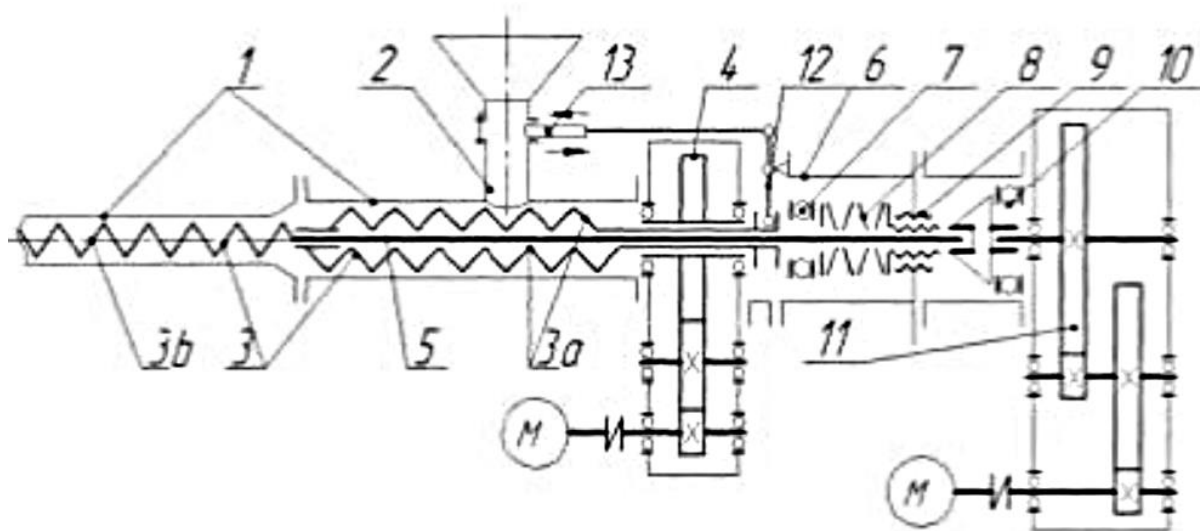


Рисунок 4.3 - Одношнековий екструдер

Патентна заявка [10] описує одночерв'ячний екструдер, що містить екструзійну головку, нерухому оправку і порожнистий циліндричний корпус з розташованим в порожнині корпусу обертовим черв'яком (рис.4.4), удосконалений змішувальною секцією на кінці черв'яка, що дозволяє більш ефективно змішувати і готувати розплав перероблюваного матеріалу. Це

вдосконалення працює наступним чином. Коли розплав обтікає рухомий штифт за рахунок підвищеної деформації зсуву, матеріал інтенсивно перемішується, а його компоненти дисперсуються, покращуючи якість продукту.

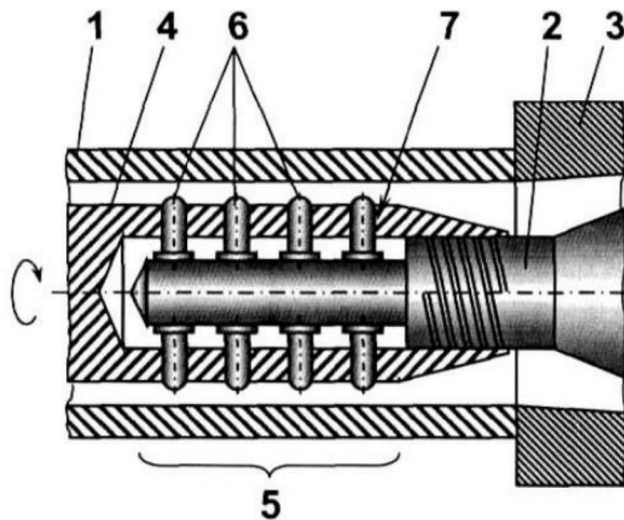


Рисунок 4.4 - Змішувальний пристрій

У запропонованій модернізації [11] екструдер містить корпус з вихідним і вхідним отворами, в якому для вільного обертання встановлений черв'як з диском на кінці (рис.4.5). Матеріал, що переробляється, надходить через вхідний отвір корпусу, захоплюється спіральними нитками черв'яка і подається в зону диска екструдера. Завдяки оснащенню черв'яка додатковими дисками, а також рядом податливих нерухомих дисків, які вставляються між сусідніми дисками і закріплюються на черв'яку, значно збільшується площа, в якій полегшується деформація матеріалу, що переробляється.

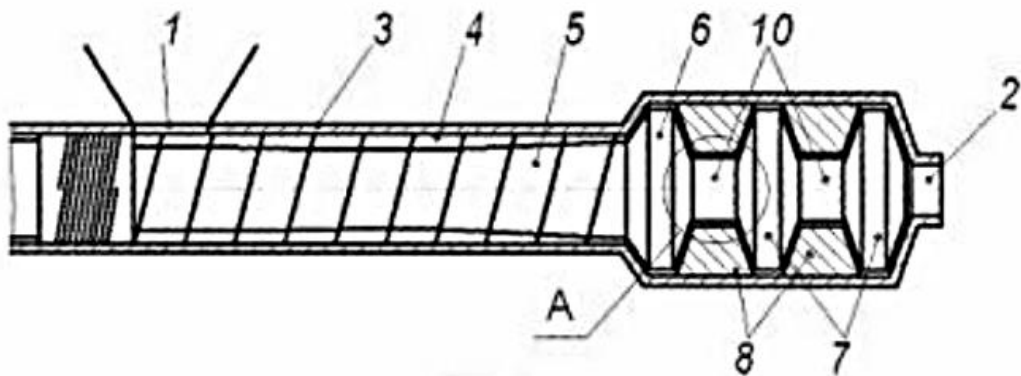


Рисунок 4.5 - Черв'як з дисковою зоною

Додатково короткий опис оглянутих патентів наведено у Додатку А.

4.2. Висновки за результатами пошуку

З вищенаведеного огляду літератури та патентів було зроблено висновок більш доцільним використати рішення запропоноване в патенті [7]. Поставлена задача вирішується покращенням продуктивності одношнекового екструдера (рис.4.6), шляхом удосконалення корпусу екструдера, що забезпечує щільне контактування бічних сторін гвинтових нарізок черв'яка 8 і вставки 4, що унеможливилює виникнення протитоку розплаву в зоні дозування незалежно від типу матеріалу, що переробляється.

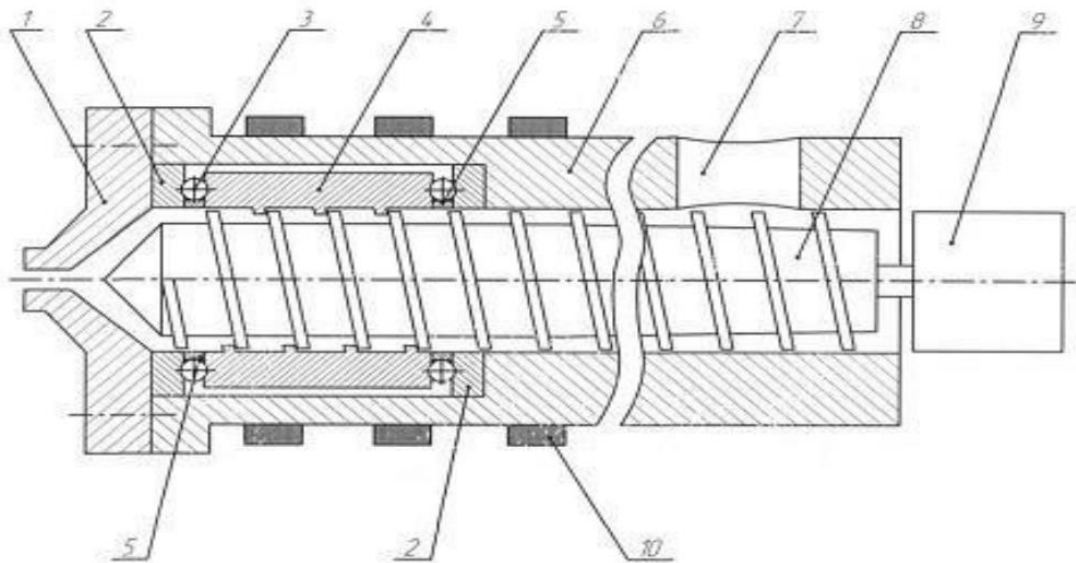


Рисунок 4.6 - Одношнековий екструдер

Ідея реалізується методом розміщення вставки перед формуючою головкою 1 між матеріальним циліндром 6 і черв'яком 8 з можливістю обертання навколо своєї осі та контактування бічних сторін гвинтових нарізок вставки і черв'яка, а на кінцях вставки розміщені кульки 3 та 5 для точного центрування. Також у конструкції наявні ущільнюючі і стопорні кільця 2.

Отже в даному конструктивному рішенні метою є удосконалення конструкції корпусу екструдера методом оснащення полою циліндричною вставкою, на внутрішній поверхні якого зроблена гвинтова нарізка.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Закон "Про охорону праці в Україні" був прийнятий 15 жовтня 1992 року. Дія цього законодавчого акту поширюється на підприємства всіх форм власності та на всіх працюючих громадян країни. Закон України "Про охорону праці" передбачає пріоритетність життя і здоров'я працівників, комплексне вирішення питань охорони праці та соціальний захист працівників, які потерпіли від нещасних випадків. Закон містить нормативно-правові акти, вимоги яких відповідають міжнародним нормам і правилам. Поліпшення умов праці та посилення охорони праці впливають на результати виробництва, продуктивність праці, якість та собівартість продукції (плівки).

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

Небезпечні та шкідливі виробничі елементи в агрегатах для виробництва рукавної плівки включають [12]:

- Параметри повітря в робочій зоні (виділення шкідливих речовин у повітря, що утворюються в процесі роботи);
- Виробничий шум, що створюється електродвигунами та вентиляторами;
- Удари від рухомих і обертових механічних елементів (деталей електродвигунів, редукторів, черв'яків, ланцюгів)
- Ураження електричним струмом (мережа електроживлення на установці);
- Промислове освітлення;

5.1. Повітря робочої зони

Робота операторів заводу є важкою фізичною працею з наступних причин: машини працюють в умовах шуму, шкідливих газів і температур. Енерговитрати оператора становлять понад 150-190 ккал.

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		15

Оптимальні значення та фактичні параметри температури, відносної вологості та швидкості вітру в робочій зоні наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
Холодний період року	Середньої важкості	Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.	Фактич.	Оптим.
		22	22-28	61	60-70	0,3	0,1-0,2
Теплий період року		20	23-25	52	50-60	0,15	0,1-0,2

Параметри мікроклімату в даному приміщенні не задовольняють вимогам ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Для покращення мікроклімату в даному приміщенні варто збільшити температуру повітря на 1-2°С, а відносну вологість повітря не менше, ніж на 4%. Для досягнення допустимих значень також необхідно зменшити швидкість руху повітря на 0,2 м/с.

Виділення шкідливих речовин у робочій зоні представлено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Речовина	Концентрація	
	Допустима, мг/м ³	Фактична, мг/м ³
Етилен	10	8
СО	20	16
СО ₂	0,03	0,01-0,02
PbO и СоО	0,01	0,005-0,009
Формальдегіди	5	3

Параметри повітря в робочій зоні, видалення токсичних речовин у складі полімерів, що виділяються під час переробки, та їх нейтралізація повинні

забезпечуватися виробником за допомогою відповідного обладнання та засобів, передбачених проектом виробничого приміщення [13].

Ефективність обладнання повинна бути такою, щоб масова концентрація шкідливих речовин і пилу в повітрі виробничого приміщення була нижчою, ніж масова концентрація в повітрі робочої зони.

Ефективність роботи обладнання повинна бути такою, щоб масова концентрація шкідливих речовин і пилу в повітрі робочої зони не перевищувала гігієнічних нормативів, визначених ДСТУ EN 482:2016 і ДСТУ Б EN 15251:2011.

5.2 Виробничий шум

Основними джерелами шуму є електродвигуни, коробки передач і ланцюгові передачі. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, та еквівалентні рівні звукового тиску на постійних робочих місцях під час роботи лінії не повинні перевищувати критерії прийнятності, встановлені ДСН 3.3.6.037-99.

Рівень шуму на робочому місці знаходиться в межах допустимих норм, оскільки рівень шуму, що створюється вентиляторами та електрообладнанням, становить 110 дБА.

Шум, що генерується обладнанням, переважно знаходиться в діапазоні 250-2000Гц.

Зниження механічного шуму термопластавтоматів можна досягти наступними методами:

- Примусове змащення поверхонь тертя;
- Балансування обертових елементів;
- Ущільнювальні матеріали та еластичні вставки в з'єднаннях і передачах.
- Своєчасне усунення несправностей;
- Фактичні вимірювання.

Загальний рівень технічної вібрації в постійних майстернях, коли машина працює не перевищує критерії, встановлені ДСН 3.36.037-99.

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		17

5.3 Небезпека впливу елементів що рухаються і обертових частин

До рухомих частин екструдера належать муфти, ротори, двигуни, черв'яки, підшипники та вентилятори [14].

Щоб запобігти нещасних випадків, всі обертові та рухомі частини оточені суцільними або сітчастими захисними кожухами. Розміри чарунок сітчастих огорожень не повинні перевищувати 10 мм.

Забороняється експлуатувати лінію зі знятим захисним кожухом. Ремонт або регулювання компонентів лінії під час її роботи також заборонено.

У висновку підкреслимо, що поліпшення умов праці та посилення охорони праці позитивно впливають на результати виробництва, продуктивність праці, якість та собівартість продукції.

ВИСНОВКИ

Поліетиленова рукавна плівка для харчових продуктів використовується як більш дешевий і зручний пакувальний матеріал, як альтернатива пакувального паперу в торгівлі важкими продуктами (масло, твердий сир, ковбасні вироби та ін.).

Лінія для виробництва рукавної плівки виготовляє одноразову полімерну тару методом переробки полімеру низької густини. Ключовим вузлом є формувальна головка, яка безпосередньо зосереджує в собі всі наслідки порушення сталого режиму роботи екструдера. Правильна робота головки впливає на якість продукту.

Одним із недоліків лінії є недостатня якість готової продукції, тому що базова конструкція не забезпечує рівномірне завантаження матеріалу, що призводить до зміни тиску на вході в формуючу головку і як наслідок призводить до підвищення браку. Також, причиною поганої якості виробів є неоднорідність матеріалу та недостатня гомогенізація.

В результаті аналізу конструкції черв'ячного екструдера було виявлено недолік - низька продуктивність. Отже в даному конструктивному рішенні метою є удосконалення конструкції корпусу екструдера методом оснащення полою циліндричною вставкою, на внутрішній поверхні якого зроблена гвинтова нарізка.

Важливу роль у виробництві відіграє поліпшення умов праці та посилення охорони праці, які позитивно впливають на результати виробництва, продуктивність праці, якість та собівартість продукції.

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		19

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Басов Н. И., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов. М. : Химия, 1986. 488 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. Екструзійна головка для виготовлення рукавної полімерної плівки: пат. №2010716, РФ; опубл. 15.04.1994.
4. Оборудование для производства полиэтиленовой пленки: веб-сайт. URL : <https://www.youtube.com/watch?v=uwBhfzMGc6E>
5. 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
6. Оленев Б.А., Мордкович Е.М., Калошин В.Ф. Проектирование производств по переработке пластических масс. М.: Химия, 1982. 256 с.
7. Одношнековый экструдер : пат. 109678 Україна : МПК В29С 47/22 (2006.01), В29С 45/52 (2006.01). № а201306643 ; заявл. 28.05.2013 ; опубл. 25.11.2013.
8. Одношнековый экструдер для виробництва полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм : пат. 112597 Україна : МПК (2016.01) В29В 7/82 (2006.01), В29С 47/00. № а 2016 05930 ; заявл. 01.06.2016 ; опубл. 26.12.2016.
9. Черв'ячний екструдер : пат. 112310 Україна : МПК В29С 47/38 (2006.01), В29С 47/60 (2006.01). № а 2016 06439 ; заявл. 13.06.2016 ; опубл. 12.12.2016.
10. Одночерв'ячний екструдер : пат. 119897 Україна : МПК В29С 47/36 (2006.01), В30В 11/24 (2006.01). № а 2017 04609 ; заявл. 12.05.2017 ; опубл. 10.10.2017.

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		20

11. Екструдер : пат. 27461 Україна : МПК (2006) В29С 47/00, В29С 47/38, В29С 47/36. № а 2007 08703 ; заявл. 30.07.2007 ; опубл. 25.10.2007.
12. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання / К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006 – 448 с.
13. Кострюков В.А. Примеры расчета по отоплению и вентиляции, ч.1. Отопление, ч.П. Вентиляция. М., Стройиздат, 1964.
14. В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигирей Практикум з охорони праці - Львів: Афіша, 2000 р.

					<i>ЛП92.067346.01-70ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		21

Розрахунки
до дипломного проекту на тему:
«Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера»

Київ 2023

II. РОЗРАХУНКИ

Зміст

1.	ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	2
1.1.	Розрахунок геометрії черв'яка і частоти його обертання.....	2
1.2.	Розрахунок коефіцієнта геометричної форми екструзійної головки.....	5
1.3.	Розрахунок продуктивності екструдера	10
1.4.	Розрахунок перепаду тиску на ділянках у головці	12
1.5.	Розрахунок потужності приводу екструдера	14
2.	РОЗРАХУНКИ ЧЕРВ'ЯКА НА МІЦНІСТЬ	17
2.1.	Розрахунок на міцність.....	17
2.2.	Розрахунок на стійкість	19
2.3.	Розрахунок на жорсткість	20
2.4.	Розрахунок шліцьового з'єднання.....	22
3.	ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК	24
4.	РОЗРАХУНКИ МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	27
4.1.	Розрахунок базової конструкції.....	28
4.2.	Розрахунок модернізованої конструкції	31
	ВИСНОВКИ.....	35
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	36

					<i>ЛП92.067346.02-70РР</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Козінчук Д.О.</i>			<i>Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера</i>		
<i>Перев.</i>		<i>Витвицький В.М.</i>					
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затв.</i>		<i>Сокольський О.Л.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>1</i>	
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ</i>		

1. ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ

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 $D=45$ мм і відношенням довжини робочої частини до його діаметра $L/D=22$.

Інші параметри черв'яка вибираються в залежності від матеріалу, що переробляється. У даному випадку матеріалом, що переробляється, є ПЕНГ і базові параметри черв'яка обчислюються виходячи із залежностей, представлених у довідковій літературі [1].

Крок гвинтової лінії черв'яка

$$t = (0,8 \dots 1,2)D = (0,8 \dots 1,2) * 45 = 41 \text{ мм}$$

Кут підйому гвинтової лінії

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{41}{45\pi} = 16^\circ$$

Товщина гребеня черв'яка

$$e = (0,06 \dots 0,12)D = (0,06 \dots 0,12) * 45 = 5 \text{ мм}$$

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

Зазор між черв'яком і гільзою

$$\delta = (0,002 \dots 0,003)D = (0,002 \dots 0,003) * 45 = 0,11 \text{ мм}$$

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

					ЛП92.067346.02-70РР	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		2

Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження

$$h_1 = (0,12 \dots 0,16)D = (0,12 \dots 0,16) * 45 = 6 \text{ мм}$$

Глибина гвинтового каналу в зоні дозування складає

$$h_3 = 0,5 \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 * h_1}{i} * (D - h_1)} \right] =$$
$$= 0,5 \left[45 - \sqrt{45^2 - \frac{4 * 6}{3,8} * (45 - 6)} \right] = 1,5 \text{ мм}$$

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

Діаметр стержня під завантажувальною воронкою

$$d_1 = D - 2 * h_1 = 45 - 2 * 6 = 34 \text{ мм}$$

Діаметр стержня в зоні дозування

$$d_3 = D - 2 * h_3 = 45 - 2 * 1,4 = 42 \text{ мм}$$

Довжина торпеди з мішалкою

$$L_{\text{торп}} = (0,6 \dots 0,8)D + 70 = (0,6 \dots 0,8) * 45 + 70 = 102 \text{ мм}$$

Довжина робочої частини черв'яка приймається

$$L_{\text{роб}} = 22D = 22 * 45 = 990 \text{ мм}$$

Довжина зони завантаження приймається

$$L_{\text{зав}} = (1,5 \dots 3)D = (1,5 \dots 3) * 45 = 95 \text{ мм}$$

Довжина зони дозування приймається

$$L_{\text{доз}} = (3 \dots 6)D = (3 \dots 6) * 45 = 203 \text{ мм}$$

Довжина зони стиснення приймається

$$L_{\text{ст}} = L_{\text{роб}} - L_{\text{доз}} - L_{\text{зав}} = 990 - 203 - 95 = 692 \text{ мм}$$

Довжина опори і евольвентного зачеплення приймається:

$$L_{\text{ев}} = 170 \text{ мм}$$

Довжина відбійної частини приймається

$$L_{\text{відб}} = (0,1 \dots 0,5)D = (0,1 \dots 0,5) * 45 = 14 \text{ мм}$$

Загальна довжина черв'яка

$$L = L_{\text{роб}} + L_{\text{торп}} + L_{\text{ев}} + L_{\text{відб}} = 990 + 102 + 170 + 14 = 1276 \text{ мм}$$

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		3

Отримані розміри нанесли на схему, яку наведено на рис.1.1.

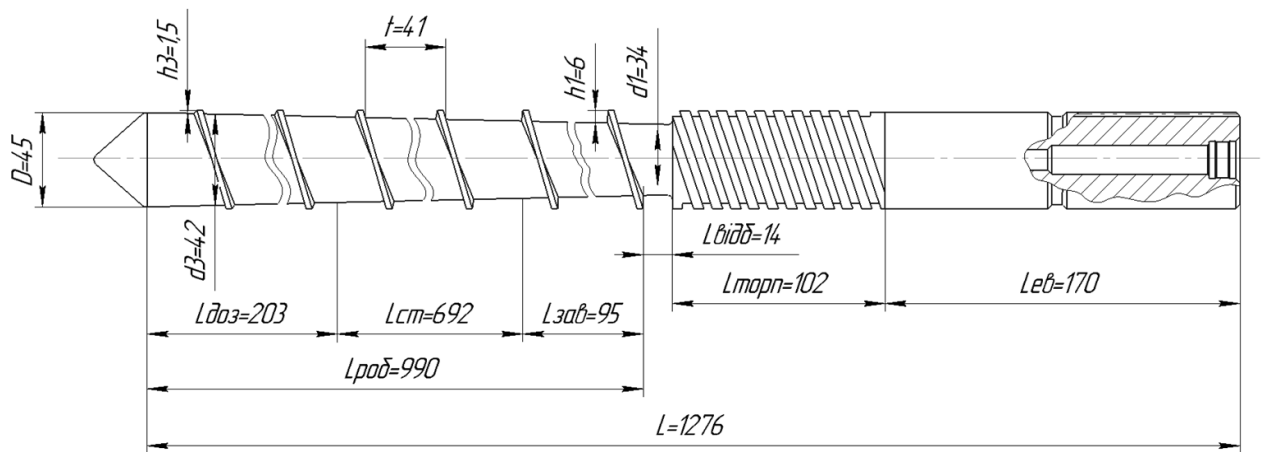


Рисунок 1.1 – Схема черв'яка

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

$$n_{кр} = \frac{42,2}{60\sqrt{D}} = \frac{42,2}{60\sqrt{0,045}} = 3,3 \text{ } c^{-1}$$

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

$$n_p = (0,2 \dots 0,7)n_{кр} = 1,49 \text{ } c^{-1}$$

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.

Розрахунки геометрії черв'яка дають змогу виконувати подальші розрахунки та креслення вузла.

1.2. Розрахунок коефіцієнта геометричної форми екструзійної головки

Канал головки (рис. 1.2, табл. 1.1) розбивається на ряд послідовних ділянок простої геометрії, для кожного з яких визначається коефіцієнт геометричної форми K , м^3 або мм^3 , а потім сумарне значення для всієї головки.

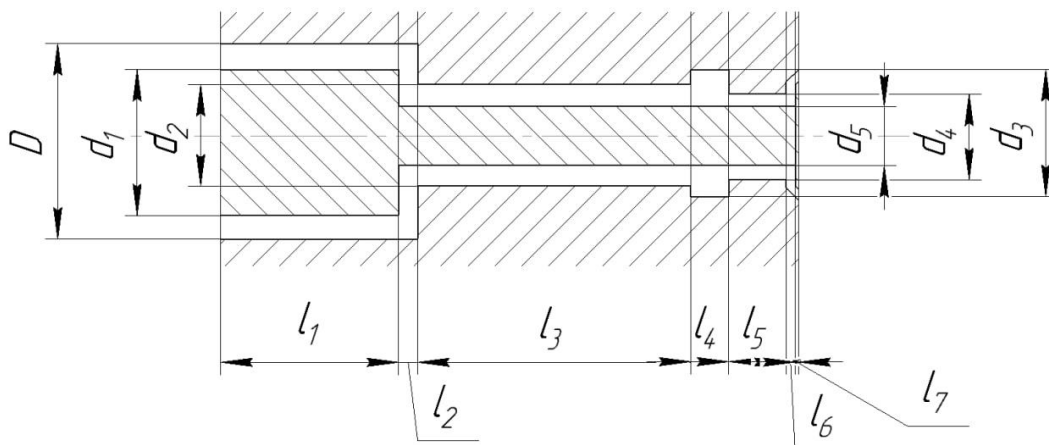


Рисунок 4.2 – Схема головки

Таблиця 1.1 – Вихідні розміри головки

D, мм	d ₁ , мм	d ₂ , мм	d ₃ , мм	d ₄ , мм	d ₅ , мм	l ₁ , мм	l ₂ , мм	l ₃ , мм	l ₄ , мм	l ₅ , мм	l ₆ , мм	l ₇ , мм
66	62	60	56	52	50	176	31	198	33	55	11	18

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

- Ділянка 1 - кільцевий тип каналу (рис.1.3).

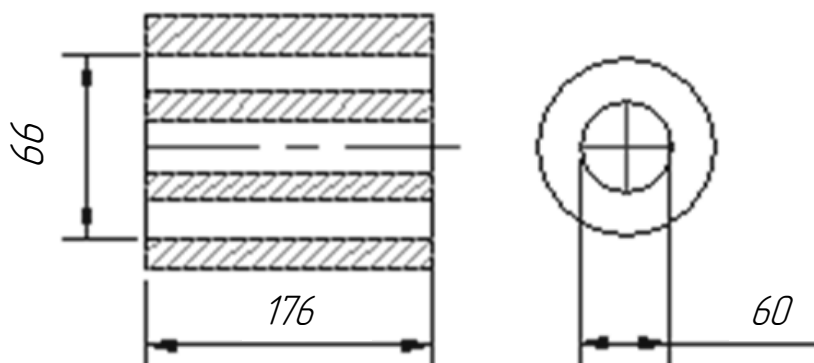


Рисунок 1.3 – Схема ділянки 1

$$K_1 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{3,14 \cdot (33 + 30) \cdot (33 - 30)^3}{12 \cdot 176} = 2,5$$

$$\text{Де } R_1 = \frac{d_2}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ мм} \quad R_2 = \frac{D}{2} = \frac{66}{2} = 33 \text{ мм}$$

- Ділянка 2 - кільцевий тип каналу (рис.1.4).

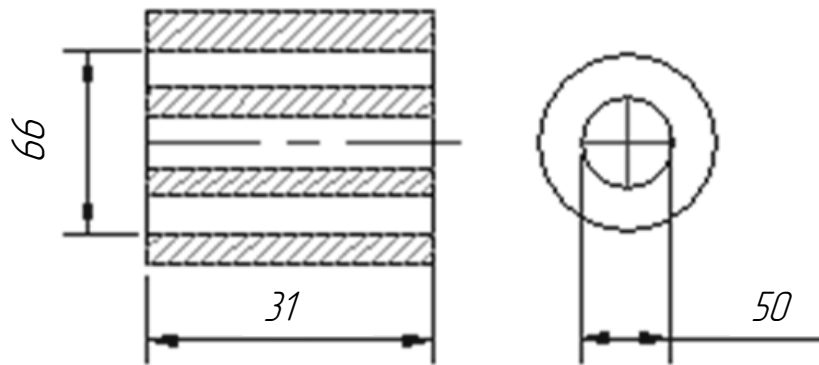


Рисунок 1.4 – Схема ділянки 2

$$K_2 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{3,14 \cdot (33 + 25) \cdot (33 - 25)^3}{12 \cdot 31} = 250,7 \text{ мм}^3$$

$$\text{Де } R_1 = \frac{d_5}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм} \quad R_2 = \frac{D}{2} = \frac{66}{2} = 33 \text{ мм}$$

- Ділянка 3 - кільцевий тип каналу (рис.1.5).

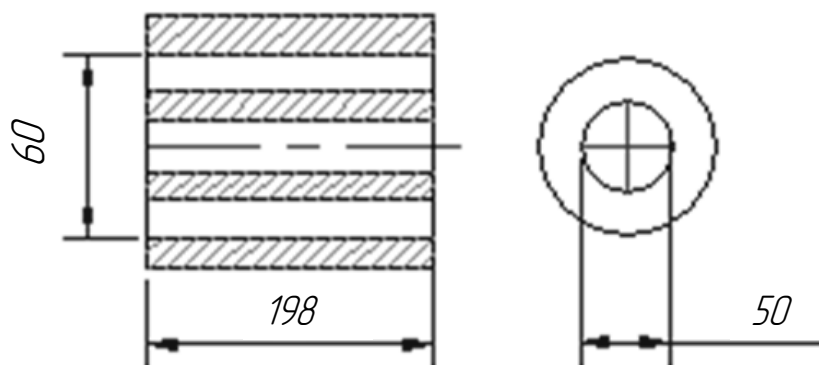


Рисунок 1.5 – Схема ділянки 3

$$K_3 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{3,14 \cdot (30 + 25) \cdot (30 - 25)^3}{12 \cdot 198} = 9,1 \text{ мм}^3$$

$$\text{Де } R_1 = \frac{d_5}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм} \quad R_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ мм}$$

- Ділянка 4 - кільцевий тип каналу (рис.1.6).

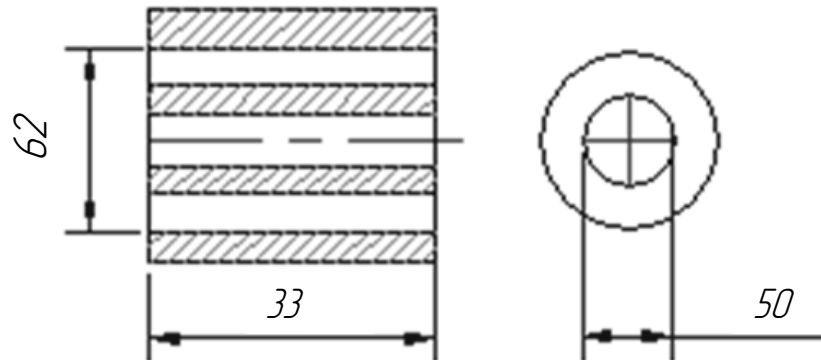


Рисунок 1.6 – Схема ділянки 4

$$K_4 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{3,14 \cdot (31 + 25) \cdot (31 - 25)^3}{12 \cdot 33} = 95,9 \text{ мм}^3$$

$$\text{Де } R_1 = \frac{d_5}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм} \quad R_2 = \frac{d_1}{2} = \frac{62}{2} = 31 \text{ мм}$$

- Ділянка 5 - кільцевий тип каналу (рис.1.7).

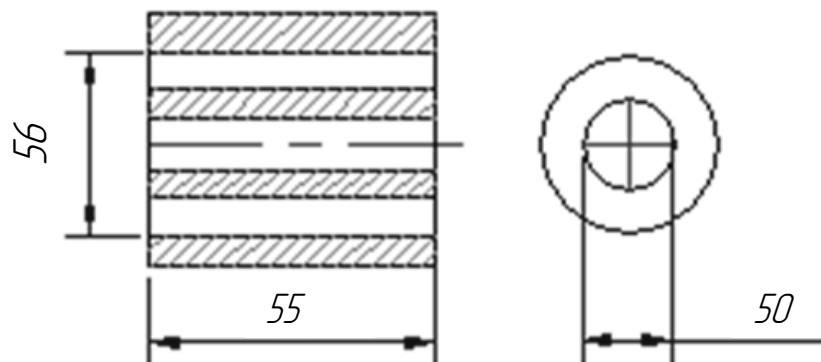


Рисунок 1.7 – Схема ділянки 5

$$K_5 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{3,14 \cdot (28 + 25) \cdot (28 - 25)^3}{12 \cdot 55} = 6,8 \text{ мм}^3$$

$$\text{Де } R_1 = \frac{d_5}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм} \quad R_2 = \frac{d_3}{2} = \frac{56}{2} = 28 \text{ мм}$$

- Ділянка 6 - кільцевий тип каналу (рис.1.8).

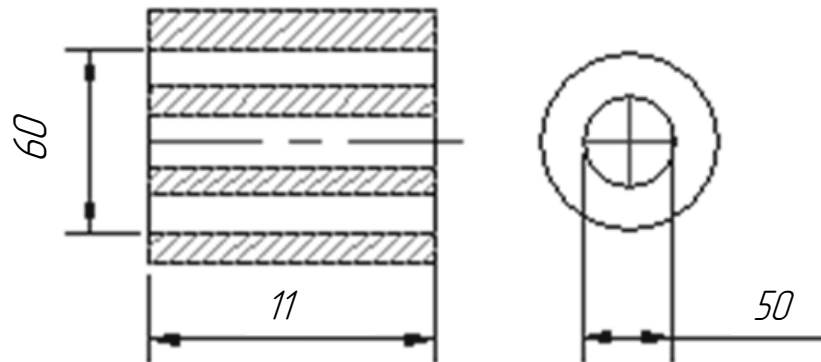


Рисунок 1.8 – Схема ділянки 6

$$K_6 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{3,14 \cdot (30 + 25) \cdot (30 - 25)^3}{12 \cdot 11} = 163,5 \text{ мм}^3$$

$$\text{Де } R_1 = \frac{d_5}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм} \quad R_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ мм}$$

- Ділянка 7 - Конічний кільцевий тип каналу з конічної щілиною (рис.1.9).

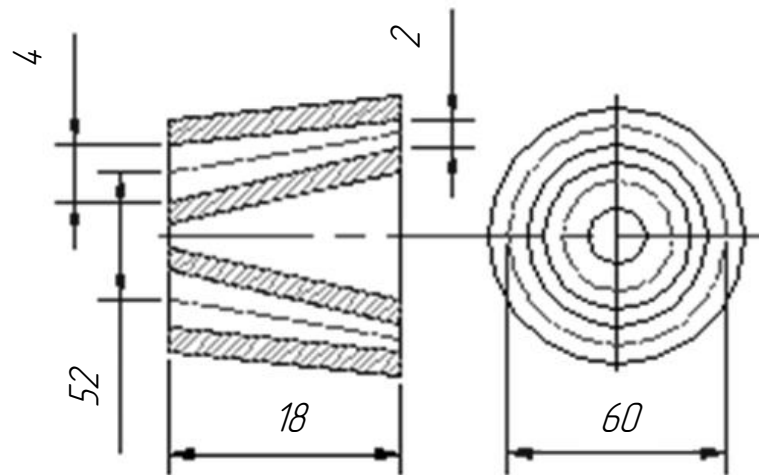


Рисунок 1.9 – Схема ділянки 7

$$K_7 = \frac{\pi(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)}{6L\omega} = \frac{3,14 \cdot (26 \cdot 2 - 30 \cdot 4)}{6 \cdot 18 \cdot (-0,111)} = 17,8 \text{ мм}^3$$

де

$$\omega = \frac{2,3(R_1 - R_2)^2}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)^2} \lg \frac{R_1\delta_2}{R_2\delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1\delta_2 - R_2\delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} =$$

$$= \frac{2,3 \cdot (26 - 30)^2}{(26 \cdot 4 - 30 \cdot 2)^2} \cdot \lg \frac{26 \cdot 4}{30 \cdot 2} - \frac{(26 - 30) \cdot (4 - 2)}{(26 \cdot 4 - 30 \cdot 2) \cdot 4 \cdot 2} - \frac{4^2 - 2^2}{2 \cdot 4^2 \cdot 2^2} =$$

$$= -0,111 \text{ мм}^{-1}$$

$$\delta_1 = \frac{d_2 - d_4}{2} = \frac{60 - 52}{2} = 4 \text{ мм}$$

$$\delta_2 = \frac{d_2 - d_3}{2} = \frac{60 - 56}{2} = 2 \text{ мм}$$

$$R_1 = \frac{d_4}{2} = \frac{52}{2} = 26 \text{ мм}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ мм}$$

Сумарне значення для всієї головки $K_{\text{общ}}$

$$K_{\text{общ}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6} + \frac{1}{K_7}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{2,5} + \frac{1}{250,7} + \frac{1}{9,1} + \frac{1}{95,9} + \frac{1}{6,8} + \frac{1}{163,5} + \frac{1}{17,8}} = 1,49 \text{ мм}^3$$

Отже провівши розрахунки коефіцієнтів геометричної форми головки було розраховано сумарне значення коефіцієнту геометричної форми головки $K_{\text{общ}} = 1,49 \text{ мм}^3$.

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 витoku, 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 [2].

Значення коефіцієнтів прямого потоку α , зворотного потоку β та потоку витoku γ для черв'яка зі змінною глибиною нарізки визначаються таким чином:

- коефіцієнт прямого потоку α

$$\alpha = \frac{\pi^3(t - \lambda e)c}{a + t^2b} = \frac{3,14^3(0,041 - 1 * 0,005) * 145,6}{6,15 * 10^7 + 0,041^2 * 1,82 * 10^9} = 2,52 * 10^{-6} \text{ м}^3$$

- коефіцієнт зворотного потоку β

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

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$= \frac{3,14 * 0,041(0,041 - 1 * 0,005)}{12 * 0,203(6,15 * 10^7 + 0,041^2 * 1,82 * 10^9)} = 1,68 * 10^{-13} \text{ м}^3$$

- коефіцієнт потоку витоку γ

$$\gamma = \frac{\pi^2 D \delta^3 t^2}{10 e L_{\text{доз}} \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} =$$

$$= \frac{3,14^2 * 0,045 * 0,00011^3 * 0,041^2}{10 * 0,005 * 0,203 * \sqrt{3,14^2 * 0,045 + 0,041^2}} = 6,65 * 10^{-13} \text{ м}^3$$

Де a, b, c - коефіцієнти, що характеризують шнек зі змінною глибиною нарізки:

$$a = \frac{\pi^2}{h_2 h_3} \left(\frac{D(h_2 + h_3)}{2 h_2 h_3} - 1 \right) =$$

$$= \frac{3,14^2}{0,004 * 0,0015} \left(\frac{0,045 * (0,004 + 0,0015)}{2 * 0,004 * 0,0015} - 1 \right) = 6,15 * 10^7 \text{ м}^{-2}$$

$$b = \frac{2,3}{(h_2 - h_3) D^3} \lg \left(\frac{h_2 (D + d_3)}{h_3 (D + d_1)} \right) + \frac{2 h_2 h_3 + (h_2 + h_3) D}{2 D^2 h_2^2 h_3^2} =$$

$$= \frac{2,3}{(0,004 - 0,0015) 0,045^3} \lg \left(\frac{0,004(0,045 + 0,042)}{0,0015(0,045 + 0,034)} \right) +$$

$$+ \frac{2 * 0,004 * 0,0015 + (0,004 + 0,0015) * 0,045}{2 * 0,045^2 * 0,004^2 * 0,0015^2} = 1,82 * 10^9 \text{ м}^{-4}$$

$$c = 1 - \frac{6,9 D}{2(h_2 - h_3)} \lg \left(\frac{h_2}{h_3} \right) + \frac{D^2}{2 h_2 h_3} =$$

$$= 1 - \frac{6,9 * 0,045}{2(0,004 - 0,0015)} \lg \left(\frac{0,004}{0,0015} \right) + \frac{0,045^2}{2 * 0,004 * 0,0015} = 145,6$$

де λ – число заходів гвинтової нарізки (приймаємо $\lambda = 1$)

h_2 – глибина гвинтового каналу в зоні стиснення:

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1 - h_3}{L} L_0 = 0,006 - \frac{0,006 - 0,0015}{1,276} 0,58 = 0,004 \text{ м}$$

$$L_0 = L - L_{\text{ст}} = 1,276 - 0,692 = 0,58 \text{ м}$$

Об'ємна продуктивність потоку:

$$Q = \frac{\alpha K n}{K + \beta + \gamma} = \frac{2,52 * 10^{-6} * 1,49 * 1,49}{1,49 + 1,68 * 10^{-13} + 6,65 * 10^{-13}} = 3,75 * 10^{-6} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

або в залежності від питомої густини поліетилену ρ :

$$\Pi = 3600 * \rho * Q = 3600 * 795,5 * 3,75 * 10^{-6} = 10,74 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Густина розплаву полімеру $\rho=795,7 \text{ кг/м}^3$ при температурі переробки $t=210^0$ (на виході з екструдера) приймається за таблицею у додатковій літературі [1].

Отже можемо зробити висновок, що 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

1.4.Розрахунок перепаду тиску на ділянках у головці

Визначаємо швидкість потоку для кожного каналу.

Для першого кільцевого каналу:

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 37481}{3,14 \cdot (30 + 33)(30 - 33)^2} = 117,5 \text{ с}^{-1}$$

Для другого кільцевого каналу:

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 37481}{3,14 \cdot (25 + 33)(25 - 33)^2} = 17,9 \text{ с}^{-1}$$

Для третього кільцевого каналу:

$$\dot{\gamma}_3 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 37481}{3,14 \cdot (25 + 30)(25 - 30)^2} = 48,4 \text{ с}^{-1}$$

Для четвертого кільцевого каналу:

$$\dot{\gamma}_4 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 37481}{3,14 \cdot (28 + 25)(28 - 25)^2} = 33,0 \text{ с}^{-1}$$

Для п'ятого кільцевого каналу:

$$\dot{\gamma}_5 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 37481}{3,14 \cdot (29 + 32)(8 - 2)^2} = 139,6 \text{ с}^{-1}$$

Для шостого кільцевого каналу:

$$\dot{\gamma}_6 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 37481}{3,14 \cdot (30 + 25)(30 - 25)^2} = 48,4 \text{ с}^{-1}$$

Для сьомого конічного кільцевого каналу з конічною щілиною:

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\dot{\gamma}_7 = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi \cdot (R_1 + R_2)(\delta_2 + \delta_1)^2} = \frac{22,32 \cdot 37481}{3,14 \cdot (26 + 30)(4 + 2)^2} = 132,2 \text{ с}^{-1}$$

Ефективна в'язкість визначається за графіками для матеріалів:

$$\mu_{\text{еф}1} = 980 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}2} = 3500 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}3} = 2000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}4} = 2800 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}5} = 500 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}6} = 2000 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{\text{еф}7} = 600 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Перепад тиску для кожного каналу:

Для першого кільцевого каналу:

$$\Delta p_1 = \frac{Q \mu_{\text{еф}1}}{K_1} = \frac{37481 \cdot 980}{2,5} = 14692,5 \text{ кПа}$$

Для другого кільцевого каналу:

$$\Delta p_2 = \frac{Q \mu_{\text{еф}2}}{K_2} = \frac{37481 \cdot 3500}{250,7} = 523,3 \text{ кПа}$$

Для третього кільцевого каналу:

$$\Delta p_3 = \frac{Q \mu_{\text{еф}3}}{K_3} = \frac{37481 \cdot 2000}{9,1} = 8237,6 \text{ кПа}$$

Для четвертого кільцевого каналу:

$$\Delta p_4 = \frac{Q \mu_{\text{еф}4}}{K_4} = \frac{37481 \cdot 2800}{95,9} = 1094,3 \text{ кПа}$$

Для п'ятого кільцевого каналу:

$$\Delta p_5 = \frac{Q \mu_{\text{еф}5}}{K_5} = \frac{37481 \cdot 500}{6,8} = 2756,0 \text{ кПа}$$

Для шостого кільцевого каналу:

$$\Delta p_6 = \frac{Q \mu_{\text{еф}6}}{K_6} = \frac{37481 \cdot 2000}{163,5} = 458,5 \text{ кПа}$$

Для сьомого конічного кільцевого каналу з конічною щілиною:

$$\Delta p_7 = \frac{Q \mu_{\text{еф}7}}{K_7} = \frac{37481 \cdot 600}{17,8} = 1266,5 \text{ кПа}$$

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Загальний перепад тиску в головці:

$$\begin{aligned}\Delta p &= \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \Delta p_5 + \Delta p_6 + \Delta p_7 = \\ &= 14692,5 + 523,3 + 8237,6 + 1094,3 + 2756,0 + 458,5 + 1266,5 = \\ &= 29028,7 \text{ кПа}\end{aligned}$$

Отже провівши розрахунки перепадів тиску в зонах головки було розраховано значення загального перепаду тиску в головці, що дорівнює $\Delta p = 29028,7 \text{ кПа}$.

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

$$\begin{aligned}N_1 &= \frac{\pi^3(t - e)LJ\mu_{\text{еф}}}{t} n^2 + \alpha \cdot \Delta P \cdot n = \\ &= \frac{3,14^3(0,041 - 0,005) * 1,276 * 0,085 * 2200}{0,041} 1,49^2 + 3,53 * 29028662 * 1,49 = \\ &= 14507,5 \text{ Вт}\end{aligned}$$

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

$$J = \frac{\pi^2 D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D + d_3)^3 - (D + d_2)^3}{3(d_3 - d_2)} + \frac{2,3\pi^2 D^5 \ln \frac{h_2}{h_3}}{(t^2 + \pi^2 D^2)(h_2 - h_3)} =$$

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$= \frac{3,14^2 * 0,045^2 - 4 * 0,041^2}{3,14^2} + \frac{(0,045 + 0,042)^3 - (0,045 + 0,037)^3}{3(0,042 - 0,037)} + \frac{2,3 * 3,14^2 * 0,045^5 \ln \frac{0,004}{0,0015}}{(0,041^2 + 3,14^2 * 0,045^2)(0,004 - 0,0015)} = 0,085 \text{ м}^2$$

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

$$d_2 = D - 2h_2 = 0,045 - 2 * 0,004 = 0,037 \text{ м}$$

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

$$N_2 = \frac{\pi^3 D^3 e L \mu_{\text{еф}}}{\delta t} n^2 = \frac{3,14^3 * 0,045^3 * 0,005 * 1,276 * 22}{0,00011 * 0,041} * 1,49^2 = 194,9 \text{ Вт}$$

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:

$$\dot{\gamma}_1 = \frac{\pi^2 (D - h_{\text{сер}})(D - 2h_{\text{сер}})}{h_{\text{сер}} \sqrt{\pi^2 (D - h_{\text{сер}})^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 * (0,045 - 0,0027)(0,045 - 2 * 0,0027)}{0,0027 * \sqrt{3,14^2 * (0,045 - 0,0027)^2 + 0,041^2}} = 43,6 \text{ с}^{-1}$$

$$\dot{\gamma}_2 = \frac{\pi^2 D^2 n}{\delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 * 0,045^2 * 1,49}{0,00011 \sqrt{3,14^2 * 0,045^2 + 0,041^2}} = 1838,2 \text{ с}^{-1}$$

Де

$$h_{\text{сер}} = \frac{h_2 + h_3}{2} = \frac{0,004 + 0,0015}{2} = 0,0027 \text{ м}$$

Потужність, споживана екструдером для переробки пластичних мас

$$N = N_1 + N_2 = 14507,5 + 194,9 = 14702 \text{ Вт}$$

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

$$N_{\text{дв}} = \frac{N}{0,4 \dots 0,6} = \frac{14702}{0,5} = 29404 \text{ Вт} = 29 \text{ кВт}$$

За знайденою потужністю, обирається двигун для приводу екструдера електродвигун постійного струму АИР180М2 потужністю 30 кВт.

Як висновок підкреслимо, що знання споживаної черв'ячною машиною потужності необхідне для розрахунку енергетичних витрат за виробництво виробів.

Додатково параметричні розрахунки було виконано на мові програмування фортран і наведено в додатку Б.

					<i>ЛП92.067346.02-70PP</i>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНКИ ЧЕРВ'ЯКА НА МІЦНІСТЬ

2.1. Розрахунок на міцність

Метою розрахунку черв'яка є визначення його працездатності.

Розрахункову схему черв'яка зображено на рис.2.1. 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.

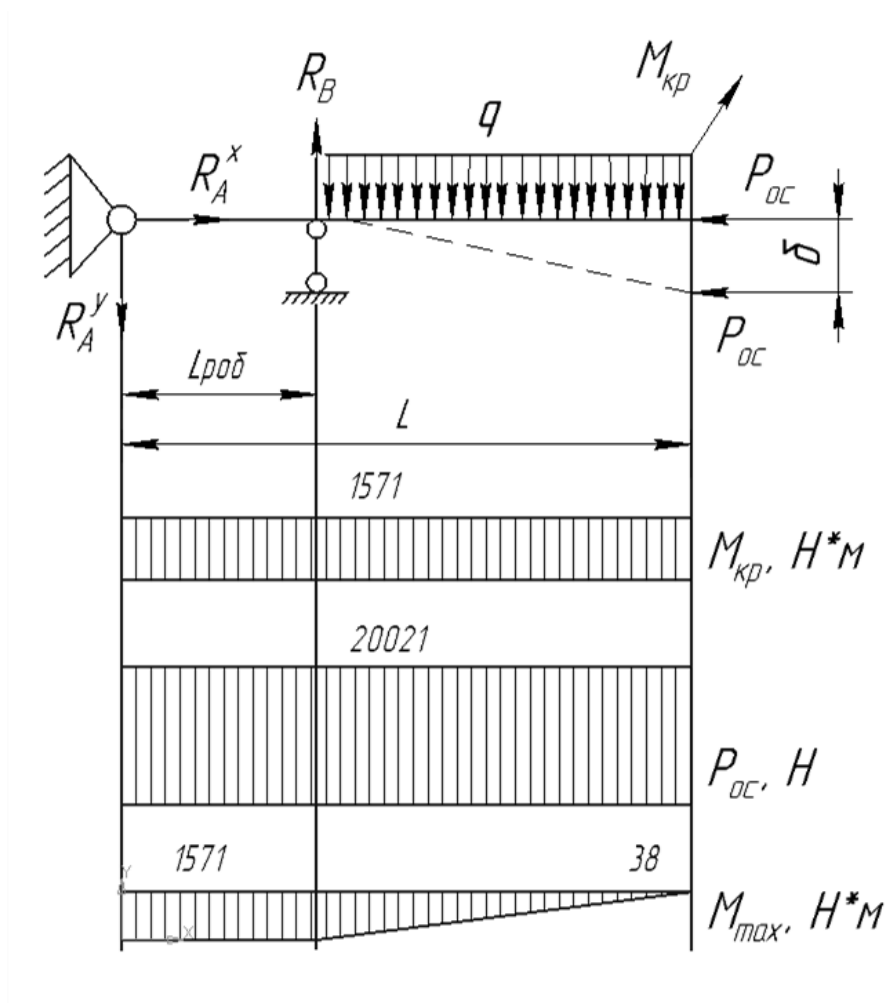


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема черв'яка

Крутний момент становить

$$M_{кр} = \frac{30N}{\pi n} = \frac{30 * 14702}{3,14 * 89,4} = 1571 \text{ Н} * \text{м}$$

де N – потужність, яка споживається черв'яком, Вт;

n – швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля

$$P_{oc} = \frac{2M_{кр}}{D} \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 * 1571}{0,045} * \operatorname{tg} 16^{\circ} = 20021 \text{ Н}$$

Розподілене навантаження від власної ваги черв'яка

$$q = \frac{9,8G}{L_{роб}} = \frac{9,8 * 8}{0,99} = 77 \text{ Н/м}$$

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

$$G = \frac{\pi(D - d_o)^2}{4} \rho L_{роб} = \frac{3,14 * (0,045 - 0,009)^2}{4} 7710 * 0,99 = 8 \text{ кг}$$

d_o – діаметр каналу для охолодження, приймаємо

$$d_o = (0,15 \dots 0,25)D = (0,15 \dots 0,25) * 0,045 = 0,009 \text{ м}$$

$\rho = 7710 \text{ кг/м}^3$ для сталі 38Х2МЮА.

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 розраховується за формулою

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{oc}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{20021}{8,4 * 10^{-4}} + \frac{38}{7,7 * 10^{-6}} = 33540672 \text{ Па} = 33,5 \text{ МПа}$$

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

$$F = \frac{\pi d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 * 0,034^2}{4} (1 - 0,26^2) = 8,4 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\text{де } \alpha = \frac{d_o}{d_1} = \frac{0,009}{0,034} = 0,26 \text{ м,}$$

d_1 – діаметр осердя в зоні завантаження, м;

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

$$M_{max} = \frac{1}{2} q L_{роб}^2 = \frac{1}{2} 77 * 0,99^2 = 38 \text{ Н * м}$$

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

W_x – осьовий момент опору

$$W_x = \frac{\pi d_1^3 (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 * 0,034^3 (1 - 0,26^4)}{32} = 3,84 * 10^{-6} \text{ м}^3$$

Дотичні напруження

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{1571}{7,7 * 10^{-6}} = 204676166 \text{ Па} = 204,7 \text{ МПа}$$

де W_p – полярний момент опору

$$W_p = \frac{\pi d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 * 0,034^3 (1 - 0,26^4)}{16} = 7,7 * 10^{-6} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за III теорією міцності

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + \tau^2} = \sqrt{33,5^2 + 204,7^2} = 411 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу не повинен бути нижче допустимого значення

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

$$n = \frac{835}{411} = 2,03 \geq [1,8]$$

де допустимий коефіцієнт запасу $[n]$ зазвичай беруть рівним 1,6...2,0;

σ_T - допустима величина текучості сталі [15].

Отже провівши ряд розрахунків можемо зробити висновок, що коефіцієнт запасу міцності черв'яка перевищує допустимий коефіцієнт, тому вузол витримує задані напруження.

2.2.Розрахунок на стійкість

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

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{(k_\sigma)_d \sigma_a + \Psi_\sigma \sigma_c} = \frac{392 * 10^6}{3,12 * 9,8 + 0,25} = 1,3 * 10^7$$

де n_σ – коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження;

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

$$\sigma_{-1} = 0,4 * \sigma_B = 0,4 * 980 = 392 \text{ МПа}$$

σ_B – амплітуда змінення напружень [15];

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$\sigma_{\max}$ – найбільше напруження від дії згинального моменту

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{38}{3,84 * 10^{-6}} = 9,8 \text{ Па}$$

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

$$(k_\sigma)_d = \frac{k_\sigma}{\beta \varepsilon} = \frac{1,95}{1 * 0,625} = 3,12$$

де k_σ – коефіцієнт концентрації напружень (для даного випадку $k_\sigma = 1,9 - 2,0$);

β – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі, для полірованої поверхні черв'яка $\beta = 1$;

ε – коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі, для деталей з легованих сталей за наявності концентрації напружень значення ε можна визначити з довідкових матеріалів, $\varepsilon = 0,625$ [1].

Виконані розрахунки на стійкість підтверджують працездатність вузла.

2.3. Розрахунок на жорсткість

Разом з розрахунком на міцність, черв'як перевіряється на жорсткість [3]. 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

$$I = \frac{\pi d_1^4 (1 - \alpha^4)}{64} = \frac{3,14 * 0,034^4 (1 - 0,26^4)}{64} = 6,5 * 10^{-8} \text{ м}^4$$

Радіус інерції

$$i = \sqrt{\frac{I}{F}} = \sqrt{\frac{6,5 * 10^{-8}}{8,4 * 10^{-4}}} = 0,009 \text{ м}$$

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Ступінь жорсткості

$$\lambda = \frac{\mu L_{\text{роб}}}{i} = \frac{2 * 0,99}{0,009} = 225,2$$

де μ – коефіцієнт замурування (у цьому випадку $\mu = 2$).
Якщо $\lambda \leq 50$, то найбільший прогин черв'яка визначають як для жорсткої балки

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

$$\begin{aligned} \delta_p &= \frac{1}{EI} \left[\frac{q}{k^2} \left(\frac{1}{k^2} + \left(\frac{1}{k^2} + \frac{L_{\text{роб}}^2}{2} \right) \right) - \frac{1}{k} \left(\frac{q}{k^3} - AL_{\text{роб}} \right) \cos(kL_{\text{роб}}) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{k^2} \left(\frac{qL_{\text{роб}}}{k} - A \right) \sin(kL_{\text{роб}}) \right] = \\ &= \frac{1}{2,718 * 2,7 * 10^{-8}} \left[\frac{77}{336012^2} \left(\frac{1}{336012^2} + \left(\frac{1}{336012^2} + \frac{0,99^2}{2} \right) \right) \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{336012} \left(\frac{77}{336012^3} - 3,18 * 10^{-4} * 0,99 \right) \cos(336012 * 0,99) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{336012^2} \left(\frac{77 * 0,99}{336012} - 3,18 * 10^{-4} \right) \sin(122508 * 0,99) \right] = \\ &= 0,01 \text{ м} \end{aligned}$$

Де

$$\begin{aligned} k &= \sqrt{\frac{P_{\text{ос}}}{EI}} = \sqrt{\frac{20021}{2,718 * 6,5 * 10^{-8}}} = 336012 \\ A &= \frac{q \left(L_{\text{роб}} - \frac{1}{k} \sin(kL_{\text{роб}}) \right)}{k \cos(kL_{\text{роб}})} = \\ &= \frac{77 \left(0,99 - \frac{1}{336012} \sin(336012 * 0,99) \right)}{336012 * \cos(336012 * 0,99)} = 3,18 * 10^{-4} \end{aligned}$$

На початковій стадії проектного розрахунку черв'як можна вибрати з урахуванням дії крутного моменту та осевого зусилля. Після розрахунку

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} \left(1 + \frac{\delta_p F}{I} d_1 \right) + \frac{M_{max}}{W_x} =$$

$$= \frac{20021}{8,4 * 10^{-4}} \left(1 + \frac{0,01 * 8,4 * 10^{-4}}{6,5 * 10^{-8}} * 0,034 \right) \frac{38}{3,84 * 10^{-6}} = 69,5 \text{ МПа}$$

Отримане значення підставляється в рівняння еквівалентного напруження за III теорією міцності:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + \tau^2} = \sqrt{69,5^2 + 204,7^2} = 415 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу не повинен бути нижче допустимого значення

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

$$n = \frac{835}{415} = 2,01 \geq [1,8]$$

Отже більш точне обчислення силових факторів з урахуванням позацентрового характеру осьового зусилля, що виникає від прогину кінця черв'яка δ_p , впливає на коефіцієнт запасу міцності, але не суттєво.

2.4. Розрахунок шліцьового з'єднання

Черв'як з'єднується з приводом переважно за допомогою шліцьового з'єднання [4]. Здебільшого використовуються шліци 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:

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

$$\sigma_{зм} = \frac{38}{0,0225 * 6,8 * 10^{-4} * 18 * 0,75} = 607924 \text{ Па} = 0,6 \text{ МПа} \leq 100 \text{ МПа}$$

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

де

$$R_c = \frac{mz}{2} = \frac{0,0025 * 18}{2} = 0,0225 \text{ м}$$

m – модуль, $m=1,25\text{--}3,00$ мм; z – кількість зубів шліцевого з'єднання;
 F – площа контакту, м^2

$$F = 0,8L_{\text{ев}}m = 0,8 * 0,17 * 0,0025 = 2,04 * 10^{-4} \text{ м}^2$$

ψ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження по поверхні шліців, береться $\psi = 0,7 - 0,8$; $[\sigma]_{\text{зм}}$ – допустиме напруження на зминання, МПа (беруть $[\sigma]_{\text{зм}} = 100 - 130$ МПа).

Отже розрахована конструкція шліца забезпечує найбільшу точність центрування та усуває можливі люфти.

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Тепловий баланс черв'ячного екструдера можна записати у вигляді [5]:

$$Q_N + Q_{N1} = G_M + C_M(t_k - t_{\Pi}) + Q_{\text{втр}}$$

де Q_N – потужність, що виділяється в результаті дисипації механічної енергії, Вт

Q_{N1} – кількість теплоти, що підводиться до корпусу електронагрівниками, Вт;

G_M – масова продуктивність екструдера, кг/с;

C_M – питома масова теплоємність полімеру, Дж/(кг К);

t_k – температура, до якої потрібно нагрівати полімер, °С;

t_{Π} – температура, з якою полімер надходить в екструдер, °С;

$Q_{\text{втр}}$ – втрати теплоти в навколишнє середовище

Потужність, що виділяється в результаті дисипації механічної енергії, знайдемо за формулою:

$$Q_N = N\eta_1\eta_2\eta_3 = 29404 * 0,9 * 0,95 * 0,8 = 20112,3 \text{ Вт}$$

де N – потужність встановленого електродвигуна, Вт;

η_1 – ККД приводу машини;

η_2 – ККД. електродвигуна;

η_3 – ККД перетворення механічної енергії в теплову.

Втрати теплоти в навколишнє середовище розрахуємо за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}} = 42 + 0,46 = 42,46 \text{ Вт}$$

Де $Q_{\text{випр}}$ – втрати теплоти в навколишнє середовище випромінюванням;

Q_K – втрати теплоти в навколишнє середовище конвекцією:

$$Q_K = a_K F + (t_{\text{кож}} - t_{\Pi}) = 0,007 * 0,0032 + (55 - 20) = 42 \text{ Вт}$$

де F – площа теплообмінної поверхні кожуха, м²;

$t_{\text{кож}}$ – температура поверхні кожуха машини, °С;

t_{Π} – температура навколишнього повітря, °С;

a_K – коефіцієнт тепловіддачі від кожуха екструдера в навколишнє середовище конвекцією

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\alpha_K = Nu \frac{\lambda}{D} = 2,95 \frac{0,237}{0,105} = 0,007 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

де Nu – критерій Нуссельта;

λ – коефіцієнт теплопровідності повітря за визначальної температури, Вт/(м·К);

D – діаметр кожуха, м.

Критерій Нуссельта

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n = 2 * (32 * 0,8)^{0,12} = 2,95$$

де Gr – критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{gD^3\beta(t_{\text{кож}} - t_{\text{п}})}{\nu^2} = \frac{9,81 * 0,105^3 * 20(55 - 20)}{0,5^2} = 32$$

g – прискорення вільного падіння, м²/с;

β – коефіцієнт об'ємного розширення ($\beta = 1/273 + t_K$);

Pr – критерій Прандля повітря,

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря за визначальної температури, м²/с; при цьому значення параметрів C і n обирається залежно від діапазону значень добутку $Gr \cdot Pr$;

Втрати теплоти в навколишнє середовище випромінюванням знайдемо за формулою:

$$\begin{aligned} Q_{\text{випр}} &= 5,67 \cdot \varepsilon \cdot F \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = \\ &= 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,0032 \left(\left(\frac{335}{100} \right)^4 - \left(\frac{303}{100} \right)^4 \right) = 0,46 \text{ Вт} \end{aligned}$$

де ε – ступінь чорноти поверхні кожуха (для сталі $\varepsilon = 0,6$);

T_1 – абсолютна температура поверхні кожуха, К;

T_2 – абсолютна температура навколишнього повітря, К.

З наведеного рівняння теплового балансу можна визначити кількість теплоти Q_{N1} , яку потрібно підвести до машини електронагрівниками.

$$\begin{aligned} Q_{N1} &= G_M + C_M(t_k - t_{\text{п}}) + Q_{\text{втр}} - Q_N = \\ &= 10,74 + 381 * (210 - 20) + 42,46 - 20112,3 = 5,23 * 10^4 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Отже розрахунки за допомогою теплового балансу підтверджують працездатність черв'ячного екструдера. Коли значення виявиться від'ємним, то потрібно вимкнути електронагрівники та ввімкнути систему охолодження корпусу.

					<i>ЛП92.067346.02-70PP</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

4. РОЗРАХУНКИ МОДЕРНІЗОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Для того, щоб перевірити доцільність використання модернізації та її працездатність було проведено порівняння розрахунків базової та модернізованої конструкції в програмі SolidWork Simulation.

Матеріал корпусу – Легована сталь. Основні властивості матеріалу:

Модуль пружності, Н/м ²	E	$2,1 \cdot 10^{11}$
Коефіцієнт Пуассона	μ	0,28
Модуль переміщення, Н/м ²	δ	$7,9 \cdot 10^{10}$
Густина, кг/м ³	ρ	7700
Межа міцності при розтягу, Н/м ²	σ_p	$7,2 \cdot 10^8$
Межа текучості, Н/м ²	σ_T	$6,2 \cdot 10^8$
Коефіцієнт теплового розширення, 1/К	α	$1,3 \cdot 10^5$
Теплопровідність, $\frac{W}{m \cdot K}$	Q	50

Вихідні данні наведені на рис.4.1.

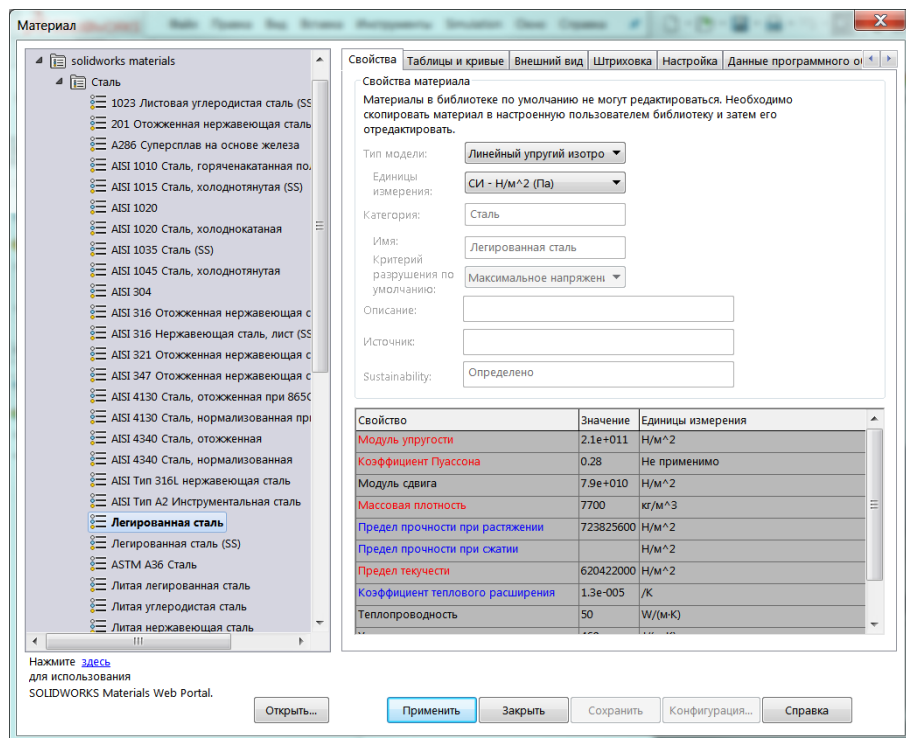


Рисунок 4.1 – Вихідні данні матеріалу Легована сталь

4.1. Розрахунок базової конструкції

В перших розрахунках взято модель корпусу базової конструкції (рис.4.2).

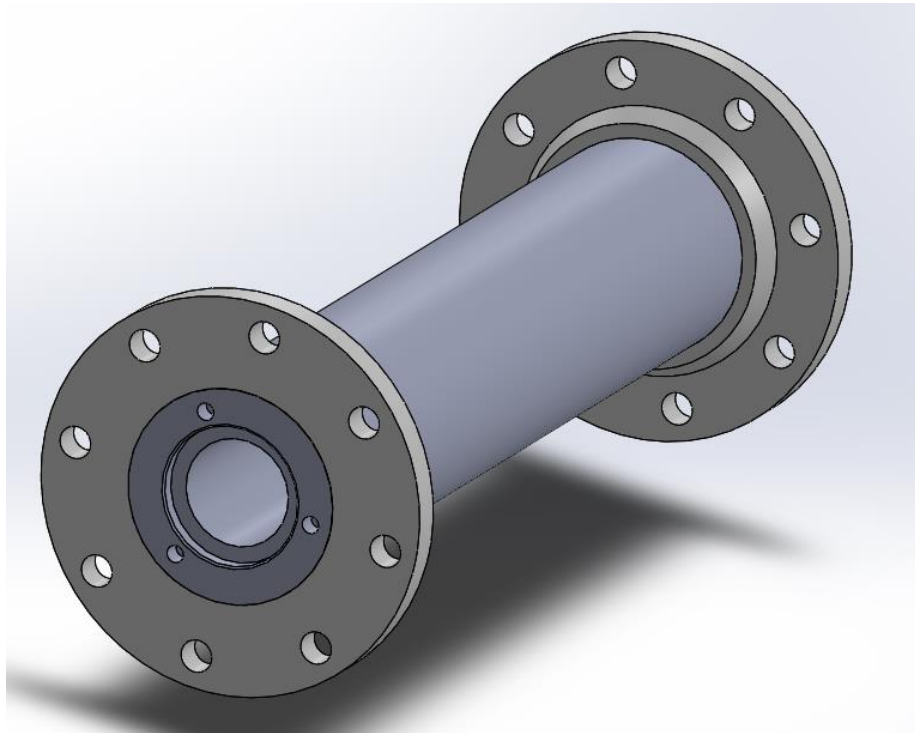


Рисунок 4.2 – Модель базової конструкції корпусу

Побудуємо сітку скінченних елементів (рис.4.3).

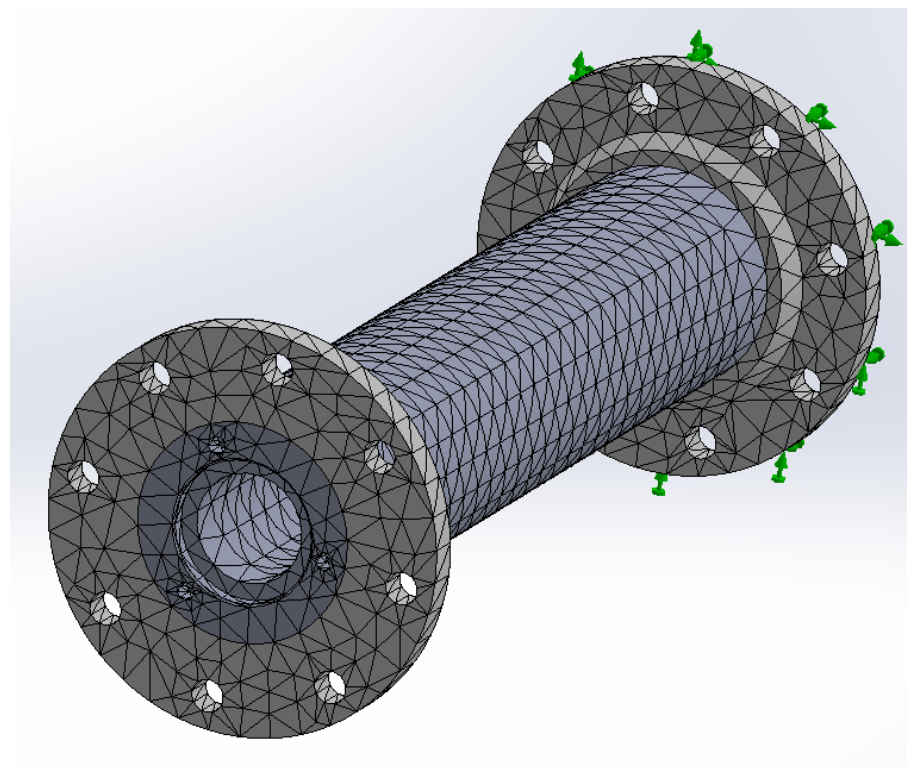


Рисунок 4.3 – Побудова сітки скінченних елементів

Задаємо жорстке закріплення та навантаження $P=50$ МПа для моделі базової конструкції (рис.4.4).

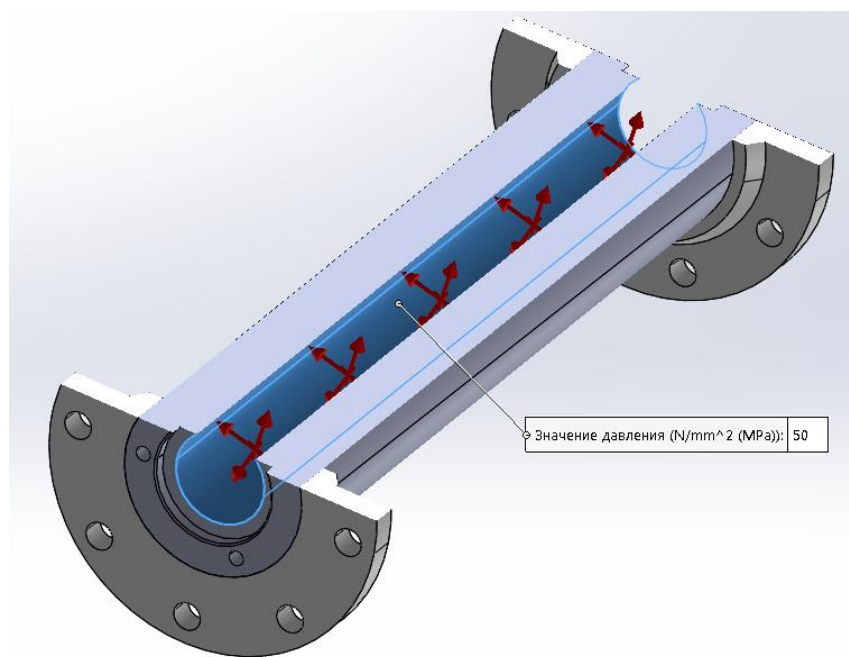


Рисунок 4.4 – Схема закріплень та розподілення навантажень корпусу

Результати розрахунку еквівалентних напружень за Мізесом (рис.4.5):

$$\sigma_{H_{max}}^{екв} = 1,203 * 10^2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{H_{min}}^{екв} = 8,303 * 10^{-1} \text{ МПа}$$

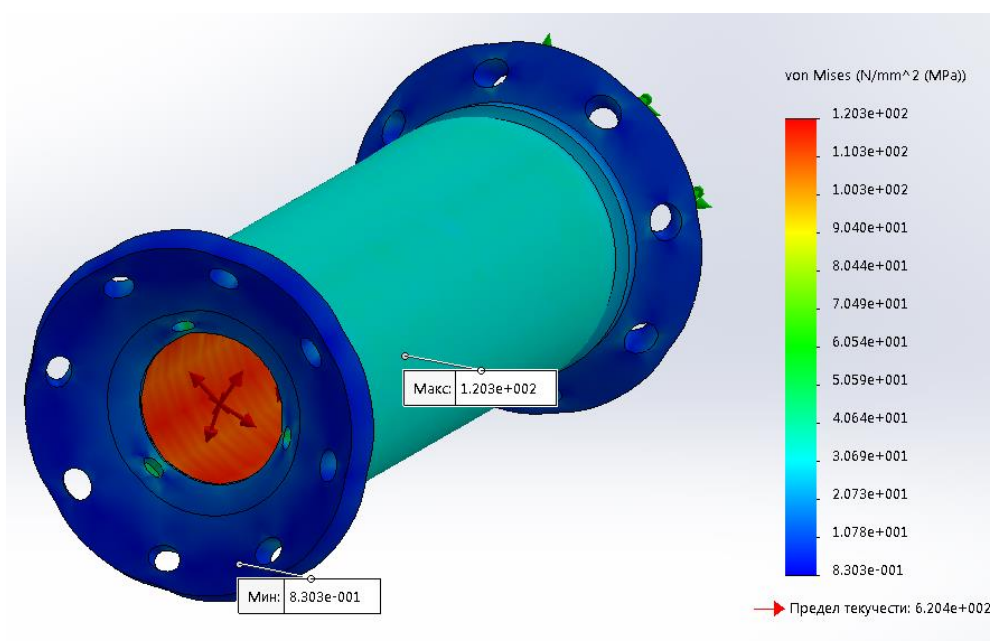


Рисунок 4.5 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом

Результати розрахунку сумарних переміщень (рис.4.6):

$$\Delta_{max} = 3,23 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}$$

$$\Delta_{min} = 1 \cdot 10^{-30} \text{ МПа}$$

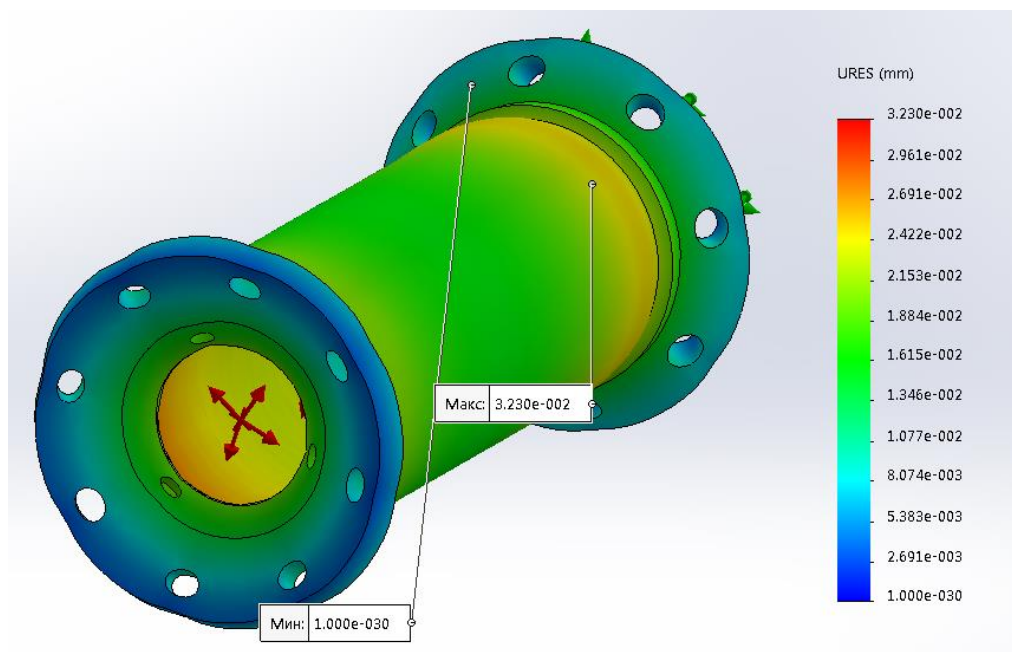


Рисунок 4.6 - Поле сумарних переміщень

Результати розрахунку еквівалентних деформацій (рис.4.7):

$$\sigma_{D_{max}}^{екв} = 4,036 \cdot 10^{-4} \text{ МПа}$$

$$\sigma_{D_{min}}^{екв} = 6,37 \cdot 10^{-6} \text{ МПа}$$

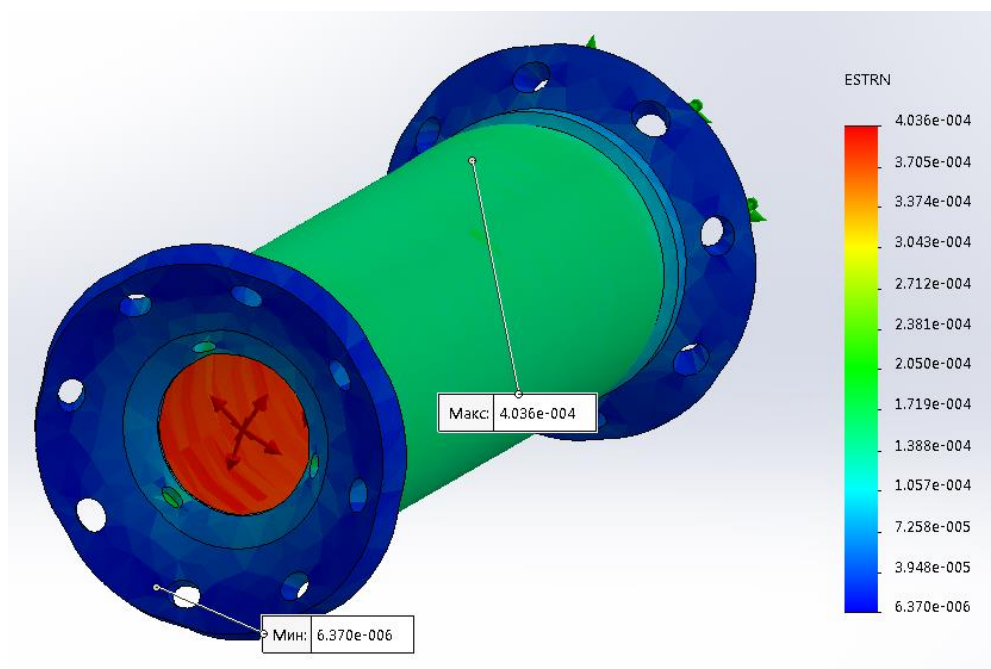


Рисунок 4.7 - Поле еквівалентних деформацій

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ЛП92.067346.02-70PP

Арк.

30

Коефіцієнт запасу міцності не повинен бути нижче допустимого значення

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

$$n = \frac{620}{411} = 1,5 \geq [1,6 \dots 2]$$

де допустимий коефіцієнт запасу $[n]$.

Отримане значення запасу міцності корпусу менше запасу міцності для легованої сталі і це свідчить про необхідність покращення конструкції корпусу екструдера.

4.2. Розрахунок модернізованої конструкції

В наступник розрахунках взято модель модернізованого корпусу (рис.4.8).

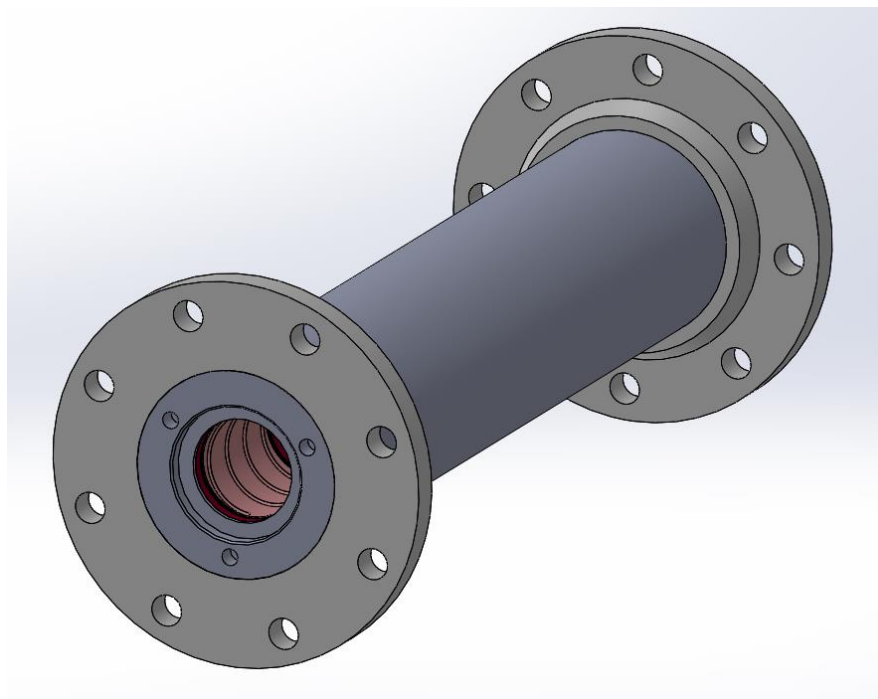


Рисунок 4.8 – Модель модернізованої конструкції корпусу

Побудуємо сітку скінченних елементів (рис.4.9).

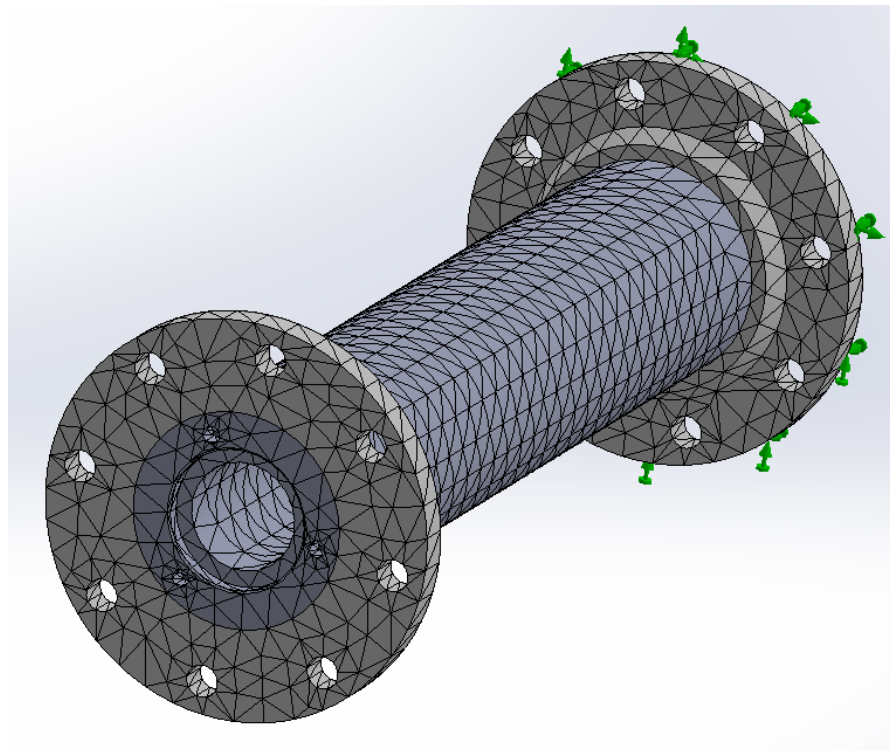


Рисунок 4.9 – Побудова сітки скінченних елементів

Задаємо жорстке закріплення та навантаження $P=50$ МПа для моделі (рис.4.10)

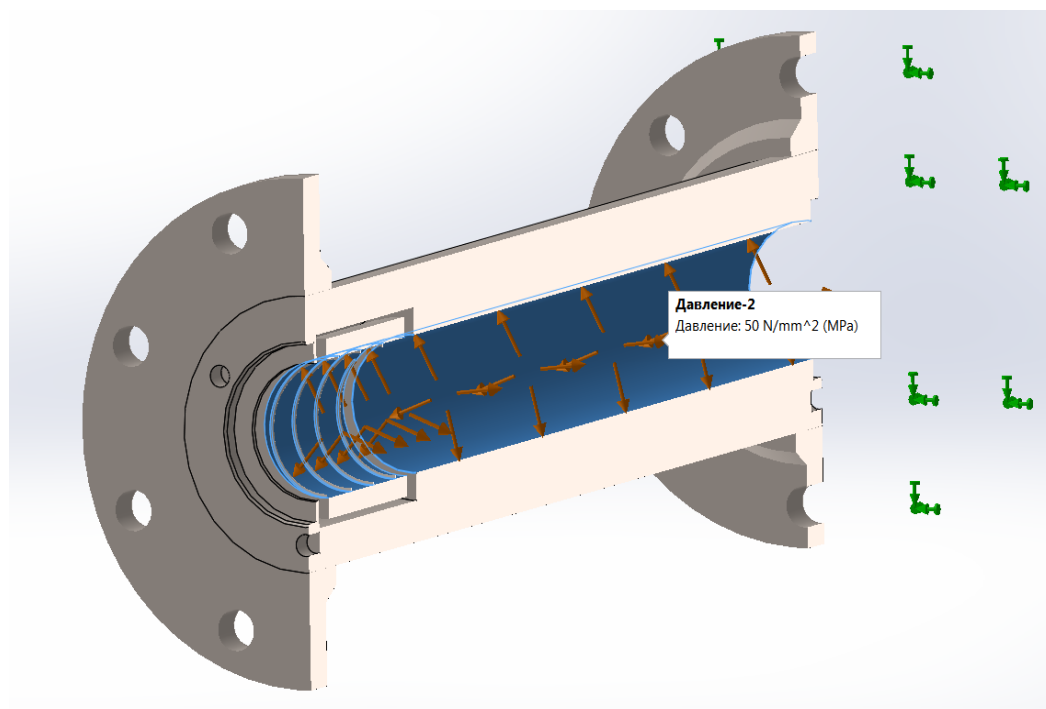


Рисунок 4.10 – Схема закріплень та навантажень корпусу

					ЛП92.067346.02-70PP	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		32

Результати розрахунку еквівалентних напружень за Мізесом (рис.4.11):

$$\sigma_{H_{max}}^{екв} = 2,73 * 10^2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{H_{min}}^{екв} = 4,415 * 10^{-2} \text{ МПа}$$

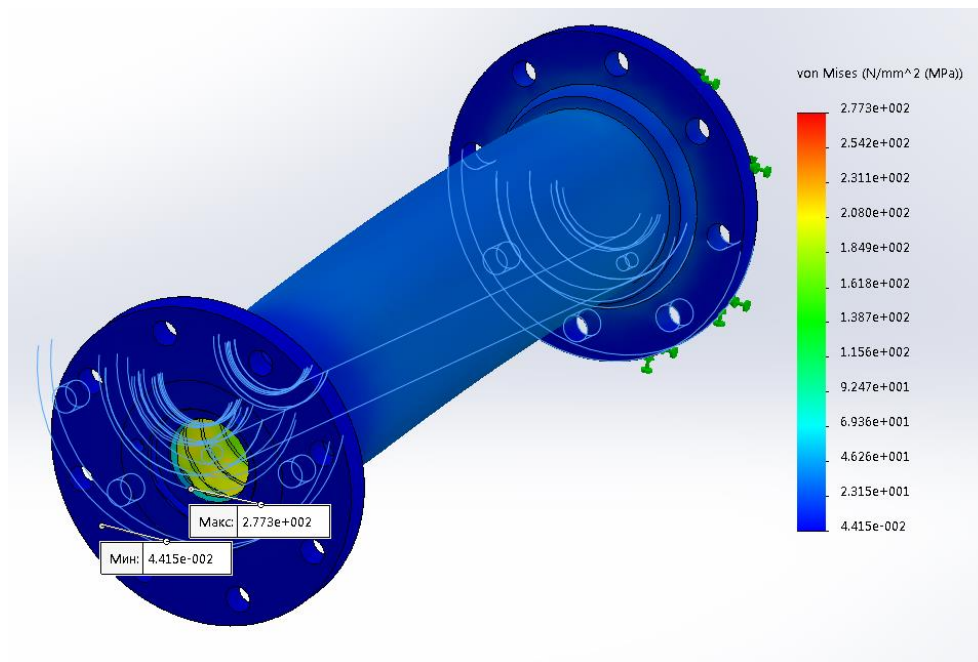


Рисунок 4.11 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом

Результати розрахунку сумарних переміщень (рис.4.12):

$$\Delta_{max} = 2,682 * 10^{-1} \text{ МПа}$$

$$\Delta_{min} = 1 * 10^{-30} \text{ МПа}$$

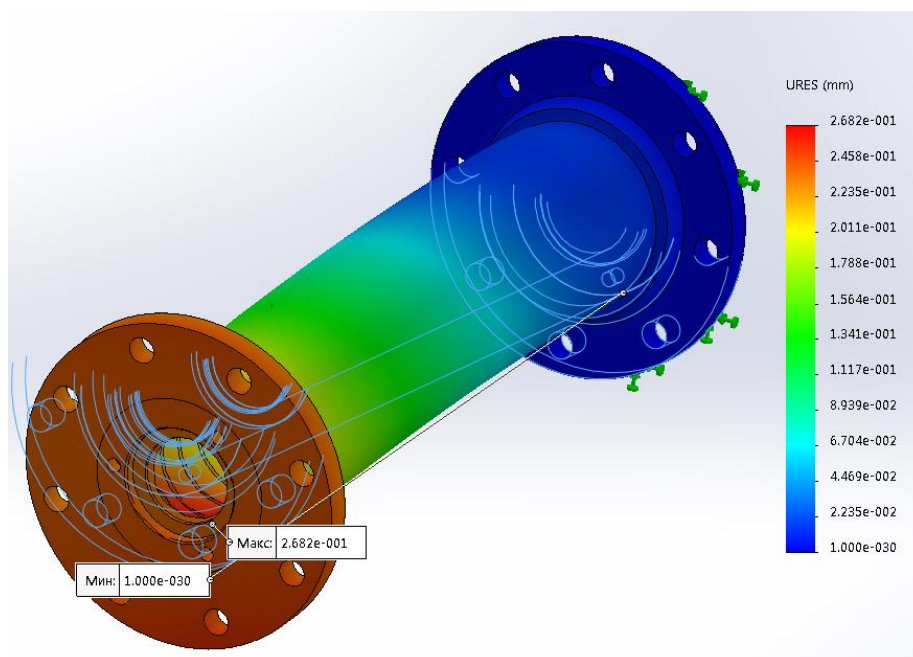


Рисунок 4.12 - Поле сумарних переміщень

Результати розрахунку еквівалентних деформацій (рис.4.13):

$$\sigma_{d_{max}}^{екв} = 9,71 * 10^{-4} \text{ МПа}$$

$$\sigma_{d_{min}}^{екв} = 1,025 * 10^{-7} \text{ МПа}$$

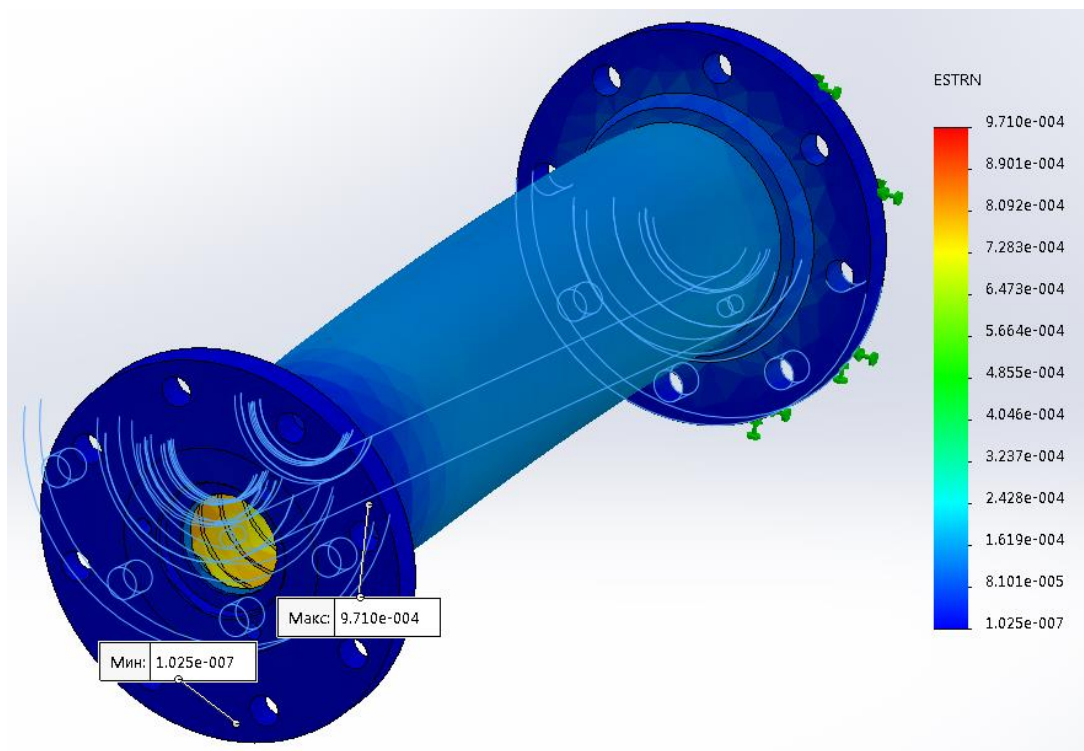


Рисунок 4.13 - Поле еквівалентних деформацій

Коефіцієнт запасу міцності не повинен бути нижче допустимого значення

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

$$n = \frac{620}{273} = 2,27 \geq [1,6 \dots 2]$$

Отже отримане значення запасу міцності корпусу перевищує запас міцності для легированої сталі і це свідчить про можливість його застосування для модернізації екструдера.

ВИСНОВКИ

Проведені параметричні розрахунки геометрії черв'яка дають змогу виконувати подальші розрахунки та креслення вузла. За знайденою потужністю, обирається двигун для приводу екструдера електродвигун постійного струму АИР180М2 потужністю 30 кВт. Як висновок підкреслимо, що знання споживаної черв'ячною машиною потужності необхідне для розрахунку енергетичних витрат за виробництво виробів.

Додатково параметричні розрахунки було виконано на мові програмування фортран і наведено в додатку Б.

Отже можемо зробити висновок, що 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.

Провівши ряд розрахунків можемо зробити висновок, що коефіцієнт запасу міцності черв'яка перевищує допустимий коефіцієнт, тому вузол витримує задані напруження.

Розрахунки шліцевого з'єднання також підтверджують, що дана конструкція шліца забезпечує найбільшу точність центрування та усуває можливі люфти.

Виконані розрахунки в середовищі SolidWork Simulation базової та модернізованої конструкції дають змогу порівняти отримані значення запасу міцності корпусу до модернізації та після. Розрахунки підтверджують, що запас міцності для легованої сталі достатній і це свідчить про можливість його застосування для модернізації екструдера.

					<i>ЛП92.067346.02-70PP</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

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. Литвинец Ю. И. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией : метод. указания к практ. занятиям, курсовому и диплом. проектир. специальности 240502 "Технология переработки пласт. масс и эластомеров". Екатеринбург : УГЛТУ, 2010. 56 с.
3. М. В. Соколов та ін. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: монография : Издательство Машиностроение-1, 1986. 488 с.
4. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв. Київ : Норіта-плюс, 2007. с.158-163.
5. Сівецький В.І., Щербина В.Ю., Гондляр О.В. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Лінії для виготовлення листових і профільних полімерних виробів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 113 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732>
6. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. 192 с.

Технологія машинобудування
до дипломного проекту на тему:
«Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера»

Київ 2023

III. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Зміст

1.	ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	2
1.1.	Опис та призначення деталі	2
1.2.	Вибір заготовки для виготовлення деталі	3
1.3.	Технологічний процес виготовлення	4
1.3.	Вибір обладнання	5
2.	ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ.....	17
	ВИСНОВОК.....	18
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	19

					ЛП92.067346.03-70TE									
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Агрегат для виробництва плівки з модернізацією екструдера					Літера	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Козінчук Д.О.												1	
Перев.	Витвицький В.М.													
Н. Контр.													КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ	
Затв.	Сокольський О.Л.													

1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Метою розділу є отримання повного циклу виготовлення правої кришки корпусу екструдера для переробки ПЕНГ для подальшого виробництва рукавної плівки.

Під час виконання завдання були розроблені наступні пункти: розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка», тобто вибір методу виготовлення заготовки, послідовність виконання операцій, вибір інструменту та устаткування для кожної операції технологічного процесу.

1.1.Опис та призначення деталі

Кришка корпусу (рис.1) призначена для безпосереднього з'єднання корпусу з іншими вузлами екструдера. Під час виробництва кришки необхідно звертати увагу на відповідність кроку нарізі кришки та нарізі на гвинтовій поверхні корпусу стандартам [1].

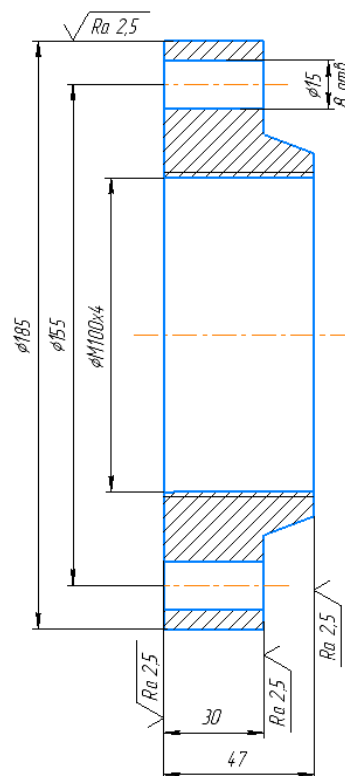


Рисунок 1.1 – Кришка корпусу

1.2. Вибір заготовки для виготовлення деталі

Від способу виготовлення залежить якість і вартість заготовки. В результаті аналізу конструкції та відповідно до креслення доцільно буде обрати метод виготовлення – лиття в глинясті форми [2].

Лита форма повинна мати плоский роз'єм для забезпечення мінімальної кількості стержневих вставок. Креслення заготовки під лиття (рис.1.2) створюється з урахуванням наявності стержнів-вставок, які будуть формувати литий отвір в центрі кришки та отвори по діаметру під розсвердлення.

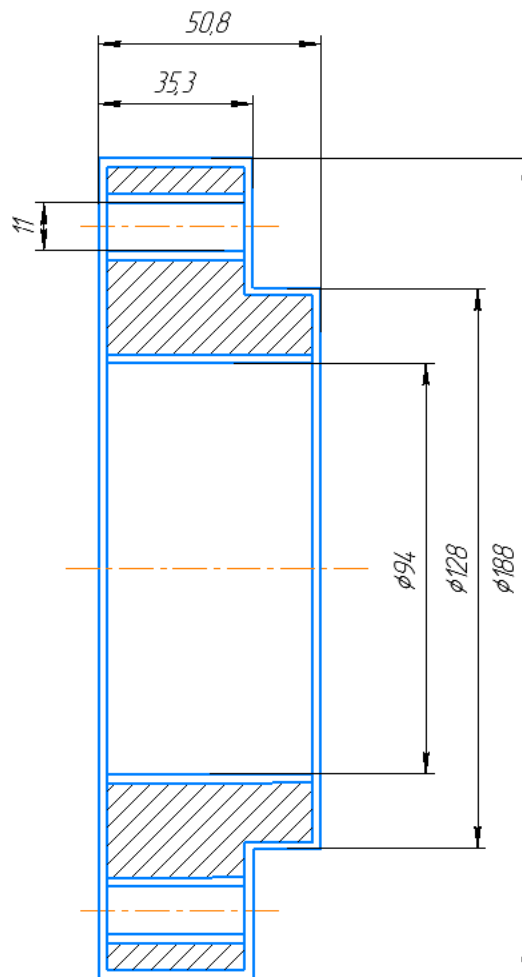


Рисунок 1.2 – Креслення заготовки кришки

Заготовка виготовляється з легованої сталі 30ХН2МА, в яку додають інші метали з метою підвищення властивостей. 30ХН2МА-хромонікелево-молібденова сталь, придатна для виготовлення деталей і виробів з високою зносостійкістю, міцністю, в'язкістю і стійкістю до механічних впливів після термічної обробки. При цьому вироби з цієї марки піддаються механічній

					ЛП92.067346.03-70TE	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

обробці, деформації, різанню і зварюванню в гарячекатаному стані, що дозволяє виготовляти складні конструкції, деталі і вузли [3].

Хімічний склад сталі 30ХН2МА з додатковим легуванням наведений в таб.1.

Таблиця 1

C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	Al, %	Ni, %	Cr, %	Mo, %	B, %	N, %
0,27-0,37	0,17-0,37	0,3-0,6	≤0,025	≤0,025	≤0,025	1,25-1,65	0,6-0,9	0,2-0,3	≤0,025	≤0,025

1.3. Технологічний процес виготовлення

Кришка відноситься до класу деталей типу диски, тому типовий технологічний процес матиме вигляд [23]:

- Чорнова та чистова обробка торця та зовнішніх поверхонь
- Чорнове та чистове розсвердлювання отворів
- Створення фасок
- Шліфівка та поліровка поверхонь
- Створення нарізі всередині деталі

Зважаючи на вимоги виготовлення (точність та шорсткість поверхонь) створюємо типові схеми обробки поверхонь.

Операція 005. Токарна

Заготовка встановлюється у токарний трикулачковий патрон діаметром торцем Ø188 з внутрішнім розтиском, торець Ø 94 піджимаємо заднім центром.

1. Точити Ø 188, L=35,7 начорно, начисто;
2. Точити Ø 128, L=15,5 начорно;
3. Зняти фаску 16x45° в Ø128.

Операція 010. Вертикально-свердлильна

Заготовка встановлюється у спеціалізовані лещата на торець Ø 188.

1. Чорнове розсвердлення отворів Ø11 до Ø14,5 ;
2. Чистове розсвердлення отворів Ø14.5 до Ø15;

Операція 015. Круглошліфувальна

Заготовка встановлюється у токарний трикулачковий патрон діаметром торцем Ø188 з внутрішнім розтиском, торець Ø 94 піджимаємо заднім центром.

1. Шліфуємо Ø 188 L=35,3 мм;
2. Шліфуємо Ø 128 L=15,5 мм;

Операція 020. Нарізувальна

Заготовка встановлюється у спеціалізовані лещата на торець Ø 188.

1. Нарізати різьбу M100x4 в Ø 94

Операція 025. Контрольна

Виконати перевірку правильності обробки найбільш відповідальних поверхонь деталі

1.4.Вибір обладнання

В технологічному процесі виготовлення кришки використовувалося наступне устаткування [4]:

Операція 005. Токарна - Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3;

Операція 010. Вертикально-свердлильна – вертикально-свердлильний верстат 2М55;

Операція 015. Круглошліфувальна – Круглошліфувальний верстат 3М197;

Операція 020. Нарізувальна – Різьбонарізний верстат ZPM-50;

Операція 025. Контрольна – виконується на контрольному столі.

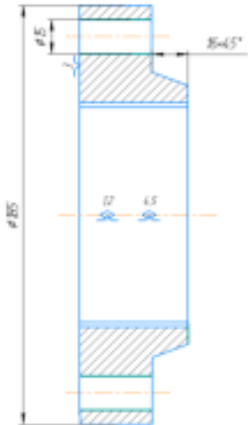
Також процес виготовлення деталі відображено в маршрутній карті, операційних картах і картах ескізів.

					<i>ЛП92.067346.03-70TE</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Дубл.													
Взамін.													
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис Дата
Розробив	Козінчук Д.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ									
Перевірів	Борщук С.О.												
Н. контр.				Кришка корпусу							Н		005
				Назва операції				Матеріал					
				Токарна				СТАЛЬ 30ХН2МА ГОСТ 977-88					
				Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ		Коод	
					ка	160				195		1	
				Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми					
				Токарний верстат з ЧПК 16К20Ф3									
				То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР					
								Емульсія					
Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v				
P01	1. Точити Ø188 начорно, начисто;												
T02	2. Точити Ø128 начорно;												
03	3. Зняти фаску.												
O04													
T05													
T06													
P07													
08													
09													
O10													
OK	Обробка різанням												

Дубл.										
Взамін.										
Підпис						Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Козінчук Д.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ						
Перевірів	Борищук С.О.									
Н. контр.					Кришка корпусу			Н		010



Назва операції				Матеріал	
Вертикально-свердлильна				СТАЛЬ 30ХН2МА ГОСТ 977-88	
Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри		МЗ
	кг	160			195
Обладнання, пристрій ЧПК				Позначення програми	
Вертикально-свердлильний верстат 2М55					
То	Тд	Тп.з	Тшт.	МОР	
				Емульсія	

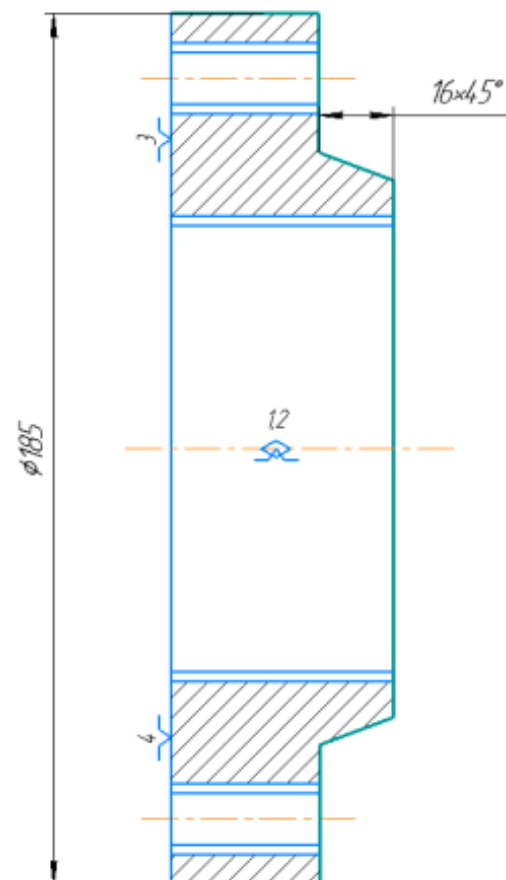
Р		ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v
P01	1. Чорнове розсвердлення отворів Ø11 до Ø14,5								
T02	2. Чистове розсвердлення отворів Ø14.5 до Ø15								
O03									
O04									
T05									
T06									
P07									
O08									
O09									
O10									

ОК	Обробка різанням
----	------------------

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
----	----	--------	--------	------

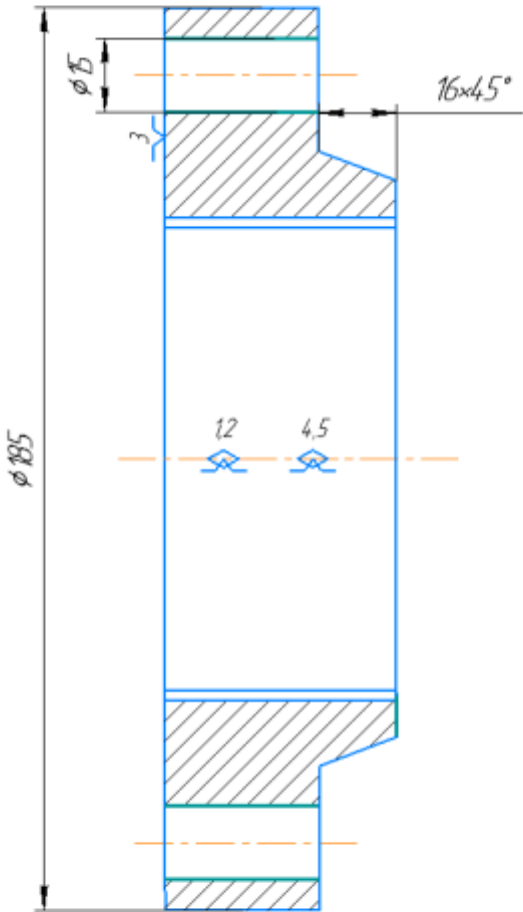
Розробив	Козінчук Д.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ		005			
Перевірів	Борщик С.О.								
				Кришка корпусу			Н		
Н. контр.									



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Козінчук Д.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ	010			
Перевірів	Борщик С.О.							
				Кришка корпусу		Н		
Н. контр.								



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата

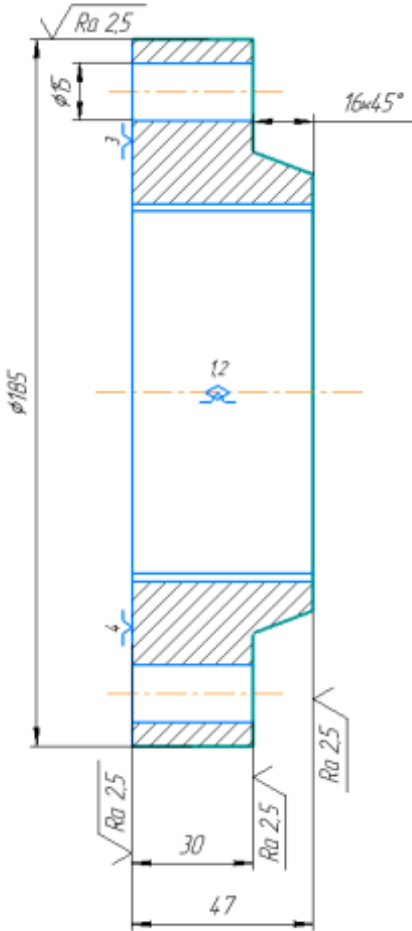
Розробив	Козінчук Д.О.		
Перевірів	Борщик С.О.		
Н. контр.			

НТУУ "КПІ",
ІХФ

015

Кришка корпусу

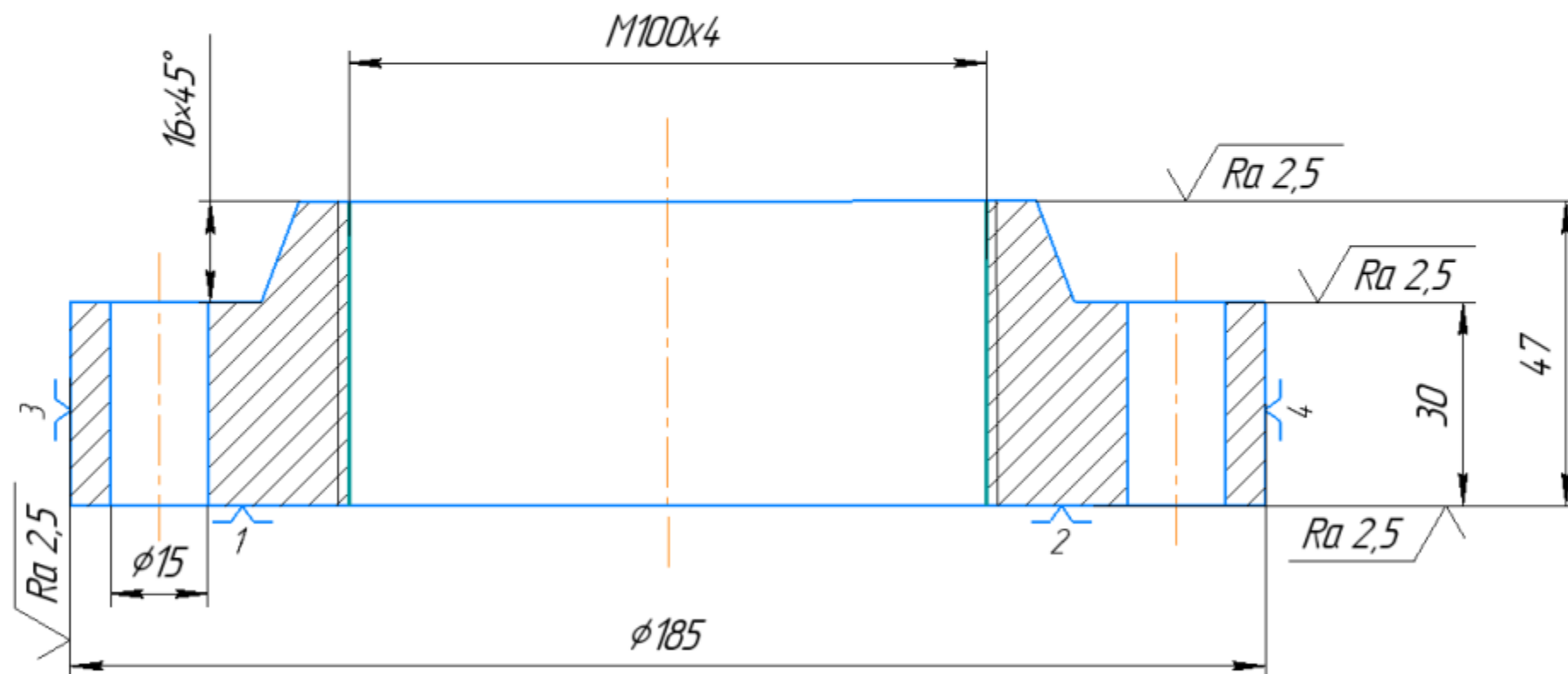
Н



Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

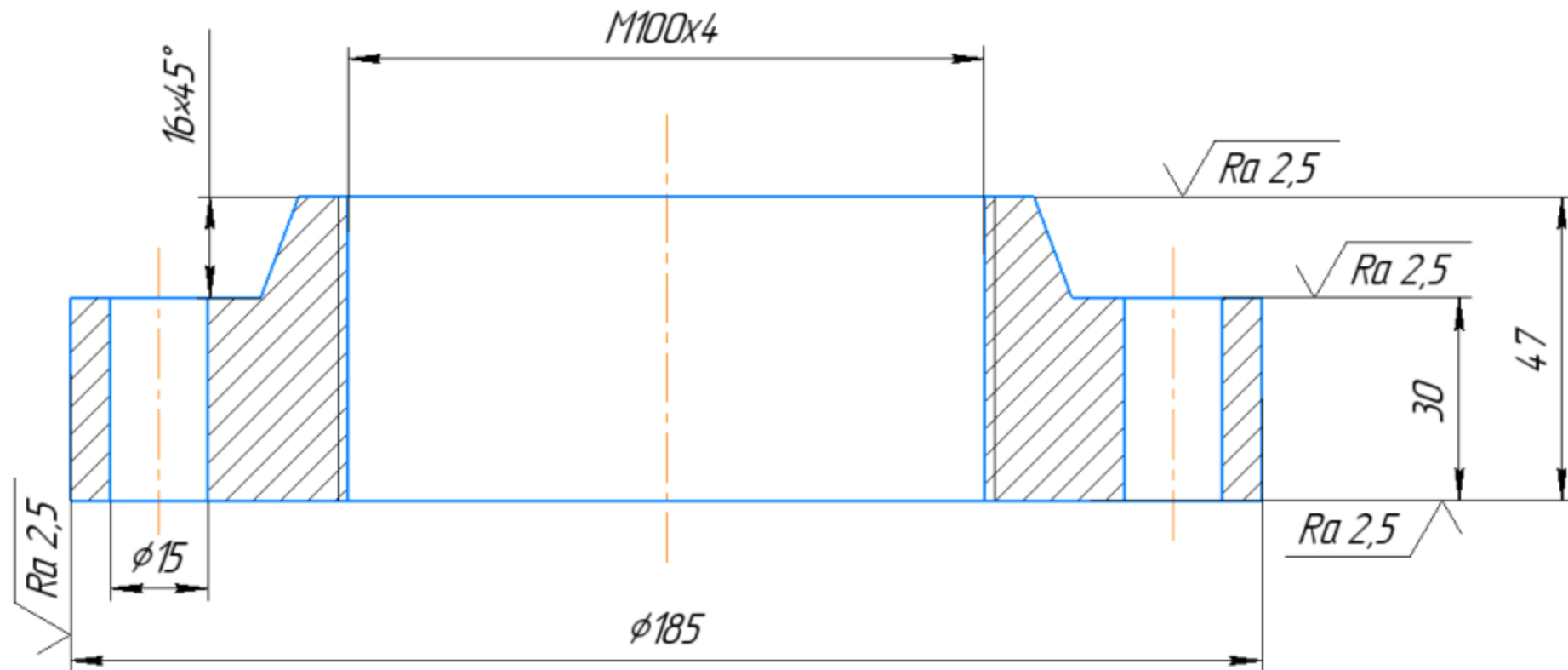
Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата
----	----	--------	--------	------

Розробив	Козінчук Д.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ		020
Перевірів	Борщук С.О.					
Н. контр.				Кришка корпусу	Н	



Дубл.														
Взамін.														
Підпис										Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата

Розробив	Козінчук Д.О.			НТУУ "КПІ", ІХФ			025
Перевірів	Борщик С.О.						
Н. контр.				Кришка корпусу			Н



2. ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ

Конструкція токарного патрона забезпечує високі зусилля затиску заготовки і гарантує точне центрування і прямокутність поверхні відносно осі обробки. Токарні патрони доступні в чотирьох класах точності:

Н – патрон нормальної точності;

П – патрон підвищеної точності

В – патрон високої точності

А- патрон особливо високої точності.

Токарні патрони загального призначення виготовляються з твердого чавуну марки не нижче СЧ-30 або інструментальної сталі міцністю не менше 500 МПа. Спиральні токарні патрони складаються з корпусу, в який вставляється спіральний диск, на кожному кінці корпусу вставляється шестерня і вся конструкція закривається фланцем. Кулачок вставляється з передньої частини корпусу і зачіпає спіраль Архімеда на диску. Таким чином, повертаючи гайковим ключем одну з трьох шестерень токарного патрона, з'єднану з конічною шестернею на зворотному боці диска, кулачок потрапляє в спіраль. Існує чотири типи верстатних патронів:

Тип 1 - з циліндричним центрувальним ременем і встановлюється через проміжний фланець;

Тип 2 - встановлюється безпосередньо на фланцевий кінець шпинделя, під поворотну шайбу;

Тип 3 - встановлюється безпосередньо на фланці шпинделя, під поворотну шайбу;

Тип 4 – для монтажу на фланцевий кінець шпинделя хімроботів.

					ЛП92.067346.03-70TE	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Під час виконання завдання були розроблені наступні пункти: розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка», тобто вибір методу виготовлення заготовки, послідовність виконання операцій, вибір інструменту та устаткування для кожної операції технологічного процесу.

Кришка корпусу призначена для з'єднання корпусу з іншими вузлами екструдера, такими як воронка.

Задля економії матеріалу та скорочення операцій лита форма для виготовлення деталі має плоский роз'єм для забезпечення мінімальної кількості стержневих вставок.

					<i>ЛП92.067346.03-70TE</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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. 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.
4. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникум. М., "Высш. школа", 1974. - 263с.
5. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т., Т.2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова. - М.: Машиностроение, 1984. – 656 с.

					<i>ЛП92.067346.03-70TE</i>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В роботі виконано наступне: проведені розрахунки основних параметрів екструдера лінії для виробництва плівки з ПЕНГ, які визначили геометрію черв'яка, опір формуючої головки, потужність приводу та продуктивність машини. Також виконані розрахунки на міцність та жорсткість, що забезпечують ефективність і надійність конструкції. За результатами розрахунків ми визначили:

- Загальну довжину черв'яка $L=1276$ мм
- Загальний тиск у головці $\Delta P=29$ МПа
- Продуктивність пресу $P=15,55$ кг/год
- Потрібну потужність двигуна $N=29$ кВт

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.

За розрахунками черв'яка на міцність визначили його працездатність та підтвердили доцільність вибору матеріалу - Сталь 38Х2МЮА. Також за результатами розрахунків виконали креслення черв'яка екструдера, загального вигляду черв'ячного екструдера та воронки екструдера.

Також був проведений тепловий розрахунок для підтвердження дотримання всіх норм теплового балансу.

Додатково було створено програму для розрахунку геометрії черв'яка на мові FORTRAN.

Виготовлення плівки з поліетилену низького тиску є одним з найкращих способів завдяки невисокій ціні та таким властивостям, як вологонепроникність, стійкість до кислот і лугів, легкооброблюваність та витримування низьких температур.

Відштовхуючись від розрахунків на базі SOLIDWORKS Simulation можемо зробити висновок, що модернізована конструкція повністю витримує

					ЛП92.067346.00-70	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

потрібні навантаження та запобігає протитоку завдяки щільному контакту корпусу та черв'яка за рахунок модернізації шляхом додавання в конструкцію корпусу різьбової вставки.

Було додатково розроблено розділ охорони праці та розділ технології машинобудування. За темою дипломного проекту була опублікована теза (Додаток В).

					ЛП92.067346.00-70	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток А. Таблиця розглянутих патентів

№ п.п	Назва патента	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	Одношнековий екструдер	UA 109678 C2 МПК B29C 47/22 (2006.01) B29C 45/52 (2006.01) Моравський Володимир Степанович (UA), Суберляк Олег Володимирович (UA), Сікора Януш В. (UA), Красінський Володимир Васильович (UA)	Суть даної конструкції забезпечувати щільне контактування бічних сторін гвинтових нарізок черв'яка і вставки, що унеможливорює виникнення протитоку розплаву в зоні дозування незалежно від типу матеріалу, що переробляється, та значно підвищує продуктивність одношнекового екструдера.
2	Одношнековий екструдер для виробництва полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм	UA 112597 U МПК (2016.01) B29B 7/82 (2006.01) B29C 47/00 Потапов Володимир Олексійович (UA), Білий Дмитро Володимирович (UA)	Суть патента полягає у корпусі матеріального циліндра розміщено, під теплоізоляційним кожухом, теплообмінний пристрій, який дає можливість відбору та підведення теплоти по трубопроводах до завантажувального бункера, і в наслідок цього збільшує та підтримує в процесі необхідну температуру повітря до 80-90 °С для підсушування сировини.
3	Черв'ячний екструдер	UA 112310 U МПК B29C 47/38 (2006.01) B29C 47/60 (2006.01) Сівецький Володимир Іванович (UA), Куриленко Валерій Миколайович (UA), Сокольський Олександр Леонідович (UA), Скрипка Андрій Володимирович (UA)	Черв'як виконаний по своїй довжині із двох секцій, при цьому секцію черв'яка зі сторони завантажувального отвору виконано збільшеним діаметром і з можливістю поздовжнього, відносно секції черв'яка, руху з боку розвантажувального отвору, з боку завантажувального отвору секцію черв'яка споряджено незалежним приводом

			обертання, вдосконаленням є те, що з боку завантажувального отвору секція черв'яка кінематично пов'язана із заслінкою за допомогою рухомого важільного механізму, даний механізм має точку опори регульовану по довжині.
4	Одночерв'ячний екструдер	UA 119897 U МПК В29С 47/36 (2006.01) В30В 11/24 (2006.01) Сокольський Олександр Леонідович (UA), Мікульонок Ігор Олегович (UA), Омеляненко Олександр Володимирович (UA)	Черв'як вдосконалений змішувальною секцією на його кінці. Цей агрегат завдяки наявності змішувальної ділянки на кінці черв'яка забезпечує більш ефективне змішування та приготування розплаву перероблюваного матеріалу.
5	Екструдер	UA 27461 U МПК (2006) В29С 47/00 В29С 47/38 В29С 47/36 БІГУН МАКСИМ МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ЛУКАЧ ЮРІЙ ЮХИМОВИЧ, UA, МІКУЛЬОНОК ІГОР ОЛЕГОВИЧ, UA,	Суть даного винаходу полягає в тому, що в черв'як вмонтовано диск на його кінці. Вихідний матеріал, який підлягається переробці, надходить у завантажувальну горловину корпусу, де захоплюється спіральною нарізкою черв'яка й транспортується до дискової зони екструдера. За рахунок спорядження черв'яка додатковими дисками, а також декількома відповідними нерухомими дисками, вбудованими між сусідніми дисками які закріплені на черв'яку, за рахунок цього значно збільшується зона посиленого деформування оброблюваного матеріалу.

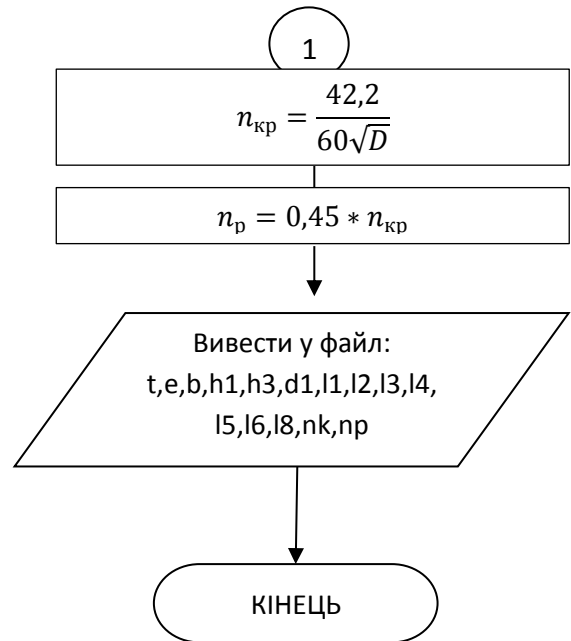
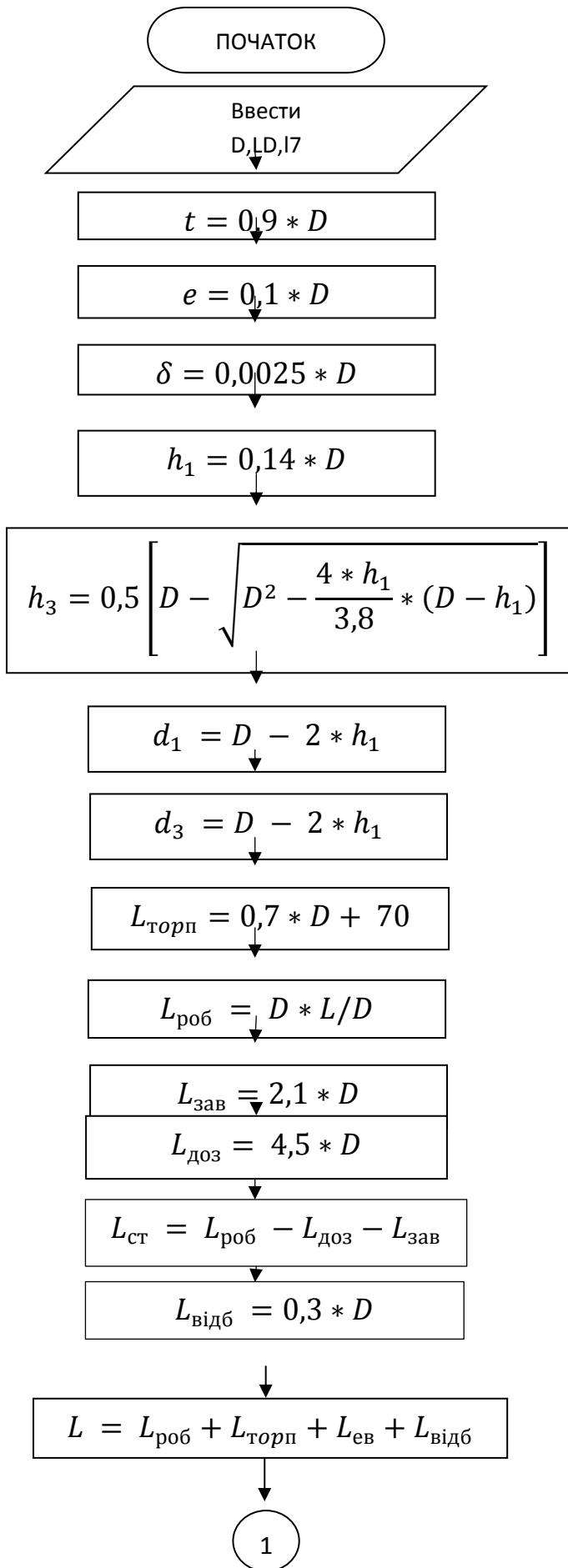
Додаток Б1. Текст програми

(програма складена на мові програмування Fortran)

```
Program parametric
implicit none
real D,LD,t,e,b,h1,h3,d1,l1,l2,l3,l4,l5,l6,l7,l8,nk,np
data D,LD,l7/45,22,170|
    t=.9*D
    e=.1*D
    b=.0025*D
    h1=.14*D
    h3=.5*(D- sqrt(D**2-((4*h1)/3.8)*(D-h1)))
    d1=D-2*h1
    d3=D-2*h3
    l1=.7*D+70
    l2=D*LD
    l3=2.1*D
    l4=4.5*D
    l5=l2-l4-l3
    l6=.3*D
    l8=l2+l1+l7+l6
    nk=42.2/(60*sqrt(DE-3))
    np=0.45*nk
open(123,file='results.txt')
write(*,*) "results.txt"
    write(123,*) ' t = ', t
    write(123,*) ' e = ', e
    write(123,*) ' b = ', b
    write(123,*) ' h1= ', h1
    write(123,*) ' h3= ', h3
    write(123,*) ' d1= ', d1
    write(123,*) ' d3= ', d3
    write(123,*) ' l1= ', l1
    write(123,*) ' l2= ', l2
    write(123,*) ' l3= ', l3
    write(123,*) ' l4= ', l4
    write(123,*) ' l5= ', l5
    write(123,*) ' l6= ', l6
    write(123,*) ' l8= ', l8
    write(123,*) ' nk = ', nk
```

```
        write(123,*) ' np= ', np  
close(123)  
pause  
stop  
end program parametric
```

Додаток Б2. Схема алгоритму програми



Додаток Б3. Таблиця ідентифікаторів

Позначення за текстом	Позначення у програмі	Значення	Розмірність
D	D	45	мм
L/D	LD	22	мм
t	t	Розраховується	мм
e	e	Розраховується	мм
δ	b	Розраховується	мм
h1	h1	Розраховується	мм
h3	h3	Розраховується	мм
d1	d1	Розраховується	мм
Lторп	l1	Розраховується	мм
Lроб	l2	Розраховується	мм
Lзав	l3	Розраховується	мм
Lдоз	l4	Розраховується	мм
Lст	l5	Розраховується	мм
Lвідб	l6	Розраховується	мм
Lев	l7	170	мм
L	l8	Розраховується	мм
нкp	nk	Розраховується	c ⁻¹
np	np	Розраховується	c ⁻¹

Додаток В. Теза

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

Підвищення продуктивності екструдера шляхом удосконалення корпусу

Козінчук Д.О., студент, Витвицький В.М., PhD, ас.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Розглянуто варіант вдосконалення конструкції корпусу екструдера, в якому його нове конструктивне виконання забезпечує щільне контактування бічних сторін гвинтових нарізок черв'яка і корпусу, чим запобігає виникненню протитоку розплаву в зоні дозування.

Вступ. Черв'ячні машини є найпоширенішим видом технічного обладнання, що використовується у виробництві та переробці термопластичних полімерів і композиційних матеріалів на їх основі. Перший черв'ячний екструдер був розроблений в Німеччині в кінці 19 століття для ізоляції електричних кабелів [1]. З того часу сфера застосування екструдерів значно розширилася, і зараз вони успішно використовуються не тільки для переробки полімерів, а й для переробки гуми, сільськогосподарської продукції, харчових продуктів і будівельних матеріалів.

Відомий корпус одношнекового екструдера має на одному кінці матеріальний циліндр з завантажувальним отвором, формуючу екструзійну головку на іншому кінці, шнек з гвинтовою нарізкою та нагрівачі. Шнек має три зони: зона завантаження, зона пластикації і зона дозування [2].

Однак, залежно від властивостей матеріалу, що переробляється, такі одношнекові шнекові екструдери вимагають різних конструкцій шнеків залежно від властивостей матеріалу, що переробляється. В цьому полягає необхідність зменшення зворотного потоку розплаву матеріалу, який виникає в зазорі між циліндром матеріалу і виступом різьби шнека в секції вивантаження та значно знижує продуктивність одношнекових екструдерів.

В основу модернізації покладено конструкцію одношнекового екструдера, в якому введення додаткових елементів дозволяє усунути зворотний потік між матеріалами, тим самим підвищуючи продуктивність.

Модернізація відноситься до конструкції шнекових машин для переробки полімерних матеріалів методом екструзії, а саме безпосередньо конструкції одношнекових екструдерів.

Щоб вирішити цю проблему, одношнековий екструдер оснащений циліндром для матеріалу (на одному кінці якого розміщено завантажувальний отвір, а на іншому формуючу екструзійну головку), різьбовим шнеком, котрий з'єднаний з силовим приводом і має можливість вільно обертатися, та різьбовою вставкою з контактуванням бічних поверхонь гвинтової нарізки вставки і шнека. Це гарантує, що різьбова сторона шнека і сторона вставки знаходяться в щільному контакті, що виключає можливість зворотного потоку розплавленого матеріалу на виході та підвищує продуктивність, незалежно від характеру матеріалу, що переробляється.

Для вирішення проблеми зворотного потоку корпус екструдера додатково споряджено вставкою 1 (рис.1), яка вільно обертатися та на торцях якої розміщені центруючі кульки 3, стопорні 2 та ущільнюючі 4 кільця [3].

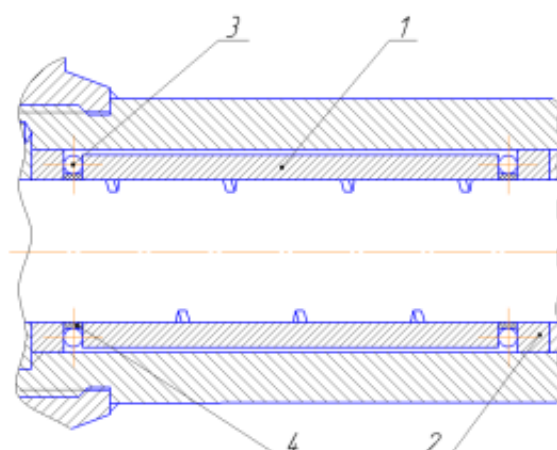


Рисунок 1 – Модернізований корпус екструдера: 1 – вставка, 2 – стопорне кільце, 3 – центруюча кулька, 4 – ущільнююче кільце

Вставка розміщена безпосередньо перед формуючою головою та має гвинтову нарізку на внутрішній частині. Така конструкція необхідна для отримання наступного технічного ефекту: забезпечує відсутність протитоку розплаву матеріалу в середині корпусу та підвищує продуктивність одношнекового екструдера.

Для центрування вставки 1, що вільно обертається, в матеріальному циліндрі використовується наступне. Центруюча кулька 3 розміщується в пазу на торцевій поверхні стопорного кільця 2 і вставки 1. Ущільнююче кільце 4 передбачено для запобігання потрапляння розплавленого матеріалу в простір між вставкою 1 і циліндром для матеріалу.

Запропонована модернізація працює наступним чином. Матеріал, який потрапляє в матеріальний циліндр через завантажувальний отвір, захоплюється виступами гвинтової нарізки шнека і транспортується до формуючої екструзійної головки. Обертання вставки 1 в матеріальному циліндрі відбувається за рахунок взаємодії бічних поверхонь виступів гвинтових нарізок шнека і вставки 1, а також під впливом напруження зсуву, яке виникає в розтопі матеріалу при його переміщенні вздовж шнека.

Щільне прилягання між гвинтовою нарізкою шнека та вставки 1 забезпечує запирання потоку, що відповідно виключає виникнення зворотного потоку.

Висновок. Запропоноване вдосконалення конструкція корпусу істотно поліпшує умови роботи одночерв'ячних екструдерів і при цьому є нескладною у виготовленні та експлуатації.

Перелік посилань

1. Мікульонюк І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 340 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38169>
2. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. М : Химия, КолосС, 2005. С. 57.
3. Одношнековый экструдер : пат. 109678 Україна : МПК В29С 47/22 (2006.01), В29С 45/52 (2006.01). № а201306643 ; заявл. 28.05.2013 ; опубл. 25.11.2013.

Додаток Г. Специфікації

[illegible]

Копирабан

Формат А4

[illegible]

*Агрегат для виробництва
плівки з модернізацією
екструдера*

Лист	Аркуш	Аркушів
		1
КПІ ім. Ігоря Сікорського		
ІХФ		

Κοιμήσασθαι

Φορματί Α4

[illegible]

*Корпус екструдера
модернізований*

Лит.	Аркуш	Аркушів
		1

КПІ ім. Ігоря Сікорського
ІХФ

КПІ ім. Ігоря Сікорського
ІХФ

Φορματί Α4

[illegible]

[illegible]

Κατηγορίες

Φωτομπα Α4