

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

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

« _____ » _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 – *Галузеве машинобудування*

на тему: Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою

Студент групи IV к. ЛП-72 _____ **Демченко Костянтин Олександрович** _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник проекту: _____ **професор, кандидат технічних наук Сівецький В.І.** _____
(вчена ступінь, звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультанти з питань

МОДЕРНІЗАЦІЇ _____ **Щербина В.Ю.**

ТЕХ. МАШ. _____ **Борщик С.О.**

РЕЦЕНЗЕНТ _____

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

Студент _____

Київ 2021 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність –133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Демченку Костянтину Олександровичу

1. Тема проекту «Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою», керівник проекту Сівецький Володимир Іванович, професор, кандидат технічних наук, затверджені наказом по університету від ...

2. Термін подання студентом проекту...

3. Вихідні дані до проекту .

Екструзійний агрегат 40х30 з модернізацією зони завантаження екструдера,

Формування труб діаметром 22 мм і товщиною стінки 2.5 мм.

Перероблюваний матеріал ПЕНТ

4. Зміст пояснювальної записки

Пояснювальна записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування черв'ячного преса; 2 Технічні характеристики черв'ячного преса; 3 Опис конструкції та призначення черв'ячного преса; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації; 5 Охорона праці та навколишнього середовища; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки

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

1. Технологічна схема А1; 2. Загальний вигляд машини А1; 3. Вузли та деталі машини А2; 4. Плакат з розрахунками на міцність

6. Консультанти розділів проекту*

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

7. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	12.04.2021	
2	Проходження переддипломної практики	12.04.2021-16.05.2021	
3	Патентно-літературний огляд з розробкою модернізації. Обґрунтування модернізації	12.04.2021-20.04.2021	
4	Виконання кінематичних та параметричних розрахунків	21.04.2021-26.04.2021	
5	Підготовка розділу (Пояснювальна записка)	27.04.2021-02.05.2021	
6	Виконання порівняльних розрахунків з використанням програмних продуктів ANSYS	03.05.2021-10.05.2021	
7	Підготовка розділу (Розрахунки)	11.05.2021-18.05.2021	
8	Підготовка розділу (Технологія машинобудування)	19.05.2021-24.05.2021	
9	Робота над кресленням з використанням CAD-систем	24.05.2021-06.06.2021	
10	Захист дипломного проекту	14.06.2021	

Студент

Демченко. К.О.

Керівник проекту

Сівецький В.І.

Зміст дипломного проекту

Реферат (укр.)	1
Реферат (англ.).....	1
Перелік позначень	1
Пояснювальна записка	27
Розрахунки	22
Технологія машинобудування	15
Загальні висновки	2
Перелік посилань	3
Додатки	7

Реферат

Виконано бакалаврський дипломний проект на тему «Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою».

Метою проекту є модернізація завантажувальної секції екструдера ЧП-40. Дипломний проект вміщує «Пояснювальну записку», «Розрахунки», «Охорону праці», «Технологію машинобудування» та графічну частину. Загальний обсяг дипломного проекту становить: 85с., 37рис., 1табл., 20джерел та 7креслень.

Методи розробки і проектування - аналітичні, розрахункові, проектувальні; з використанням відомих методів, комп'ютерних програм, нормативних документів.

При розробці і проектуванні екструзійного агрегату, на основі аналітичного огляду науково-технічної літератури, нормативної та конструкторської документації, патентних досліджень, інженерно-технічних розрахунків, виконано наступне:

- вивчено принципи роботи і конструкцію промислових екструдерів для виробництва поліетилену, проаналізовано технічні параметри і характеристики цих машин;
- проведено низку інженерних розрахунків, потрібних для проектування і розробки екструдера, згідно з технічним завданням;
- на основі виконаних патентних досліджень модернізовано екструдер;
- розроблено і спроектовано модернізований екструдер для виробництва труб з поліетилену низького тиску.

Ключові слова: ПОЛІЕТИЛЕН, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ПРЕС, ТРУБИ, ЧЕРВ'ЯК, ЗАВАНТАЖУВАЛЬНА СЕКЦІЯ.

Abstract

A bachelor's thesis project on "Extrusion unit with modernization of the loading device" was completed.

The aim of the project is to modernize the loading section of the extruder PE-40. The diploma project contains "Explanatory note", "Calculations", "Labor protection", "Mechanical engineering technology" and a graphic part. The total volume of the diploma project is: pages, figures, tables, sources and drawings.

Methods of development and design - analytical, calculation, design; using known methods, computer programs, regulations.

During the development and design of the extrusion unit, based on an analytical review of scientific and technical literature, regulatory and design documentation, patent research, engineering calculations, the following was performed:

- studied the principles of operation and design of industrial extruders for the production of polyethylene, analyzed the technical parameters and characteristics of these machines;
- a number of engineering calculations required for the design and development of the extruder, in accordance with the terms of reference;
- on the basis of the performed patent researches the extruder is modernized;
- the modernized extruder for production of pipes from low pressure polyethylene is developed and designed.

Keywords: POLYETHYLENE, WORM PRESS, PIPES, WORM, LOADING SECTION.

Перелік позначень

Умовні позначення:

D – діаметр черв'яка, мм

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

l_z – довжина зони завантаження черв'яка, мм

l_d – довжина зони дозування черв'яка, мм

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

t – крок нарізки витків, мм

e – ширина витка, мм

h_1 – глибина нарізки в зоні завантаження, мм

h_2 – глибина нарізки в зоні дозування, мм

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

ρ – густина, кг/мм³

N – потужність, кВт

n – частота обертання черв'яка

P – тиск розплаву, МПа

η – ККД розплаву

Q – продуктивність, кг/год

E – модуль пружності, МПа

σ_{τ} – границя текучості, МПа

ν – Коефіцієнт Пуассона

Скорочення:

ІХФ – інженерно-хімічний факультет;

ЧП – черв'ячний пресс

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією
завантажувального пристрою»**

Київ – 2021 року

ЗМІСТ

Вступ	2
1 Призначення і галузь застосування екструдера ЧП-40.....	3
1.1 Призначення та галузь застосування.....	3
2 Опис конструкції та принцип дії екструдера ЧП-40.....	7
3 Технічні характеристики екструдера ЧП-40.....	10
4 Літературний та патентний огляд, обґрунтування запропонованої модернізації	11
4.1 Літературно-патентний огляд.....	11
4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення завантажувального пристрою.....	19
5 Охорона праці	21
6 Очікувані механіко-економічні показники	27
Висновки	27

					<i>ЛП72.05.7242.01.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Лат</i>	<i>Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Демченко</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Сівецький</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Гондляр</i>				<i>НТУУ «КПІ», ІХФ,</i>		
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
						<i>1</i>	

Вступ

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

Черв'ячні преси використовуються при різних технологічних процесах: для змішування і грануляції матеріалів; екструзії плівок, труб, профілів, листів, накладання ізоляції і оболонок на дроти і кабелі. Вони знаходять широке застосування так як литтєві машини для попередньої пластикації матеріалу, отримання порожнистих виробів і т.д..

Успіх широкого впровадження черв'ячних машин для переробки полімерних матеріалів пояснюється в першу чергу тим, що вони є машинами безперервної дії і дають можливість повної механізації і автоматизації процесів

В даному курсовому проекті розглядається «Черв'ячний прес для виготовлення труб з ПЕНТ ». В якості базової конструкції розглядається ЧП 40х30[3]. Перероблюваний матеріал ПЕНТ ГОСТ 16338-85.

Метою курсового проекту є також здійснення параметричного, теплового, міцнісного розрахунків його вузлів, що підтверджують роботоздатність конструкції, а також виконання графічної частини прес ЧП-40, загальний вигляд пресу ЧП-40 та основних його вузлів.

					<i>ЛП72.05.7242.01.ПЗ</i>	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1. Призначення та галузь застосування екструдера ЧП-40

1.1 Призначення та галузь застосування

Черв'ячний прес встановлений на лінії для виробництва труб з полііетилену, що проектується, призначена для виробництва труб діаметром 22 мм з товщиною стінки 2.5 мм з ПЕНТ ГОСТ 16338-85 методом екструзії, який полягає у безперервному проштовхуванні розплаву полімерного матеріалу крізь формуючий кільцевий зазор трубної екструзійної головки.

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

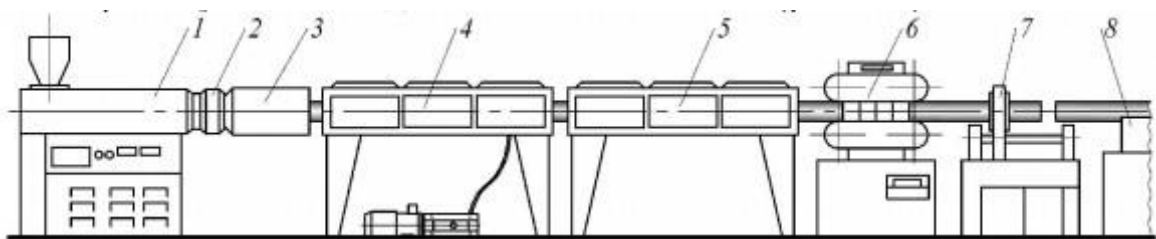


Рис. 1.1. Принципова апаратно-технологічна схема виготовлення гладких полімерних труб: 1 – екструдер; 2 – трубна головка; 3 – калібрувальний пристрій; 4 – вакуум-ванна; 5 – ванна зрошення; 6 – тягнучий пристрій; 7 – відрізний пристрій; 8 – приймальний пристрій

Принцип дії лінії полягає у тому: матеріал, що перероблюється, у вигляді гранул завантажується у завантажувальний пристрій, звідки потрапляє до завантажувальної горловини черв'ячного преса ЧП 40×30 де гомогенізується та видавлюється крізь кільцевий отвір трубної формуючої головки у вигляді гладкої трубної заготовки. З формуючої головки заготовка труби потрапляє до калібру, де калібрується по зовнішньому діаметру та попередньо охолоджується до утворення на зовнішній поверхні труби твердої корки. Кінцеве охолодження труби відбувається у ванні охолодження вакуумній, яка безпосередньо з'єднана з калібратором, у межах температур 30–40° С.

Протягування труби крізь калібр та ванну здійснюється машиною тягнучою, яка потім подає трубу на відрізний пристрій, де труба ріжеться на відрізки. Відрізки труб подаються на лоток приймального пристрою і за сигналом кінцевого вимикача скидаються у нагромаджувач пристрою. У нагромаджувачі відбувається утворення пакета з подальшою перев'язкою його вручну металевою або пластмасовою стрічкою.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Екструдер черв'ячний ЧП 40×30 призначений для переробки гранульованих термопластів у однорідний розплав та рівномірного

видавлювання крізь головку трубну . Екструдер складається з циліндричного товстостінного корпусу, у якому обертається черв'як. На корпусі встановлено електронагрівники, які обігрівають циліндр. Привод обертання черв'яка здійснюється за допомогою електродвигуна постійного струму, клинопасової передачі та одноступінчастого циліндричного редуктора.

.Головка має прямотечійну конструкцію з дорноутримувачем кошикового типу. Набір змінного інструменту (дорни та матриці) дозволяє виготовляти труби різних діаметрів з різною товщиною стінки. Профіль вхідних зон матриць та дорнів виконано за клотоїдою. Обігрів головки здійснюється електронагрівниками опору. Застосування візка для монтажу складальних одиниць, що входять до складу головки, дозволяє швидко та зручно здійснювати монтаж та демонтаж головки.

Ванна охолодження вакуумна призначена для охолодження труб з термопластів при вакуумному калібруванні. Встановлюється ванна у лінії після преса черв'ячного.

Ванна складається з таких основних вузлів: корпусу, рами, бака, насоса вакуумного, насоса відцентрового та механізму переміщення.

Корпус ванни являє собою шестиметрову камеру з відгородженим передбанником. Зверху камера герметично закривається кришками. На правій торцевій стінці корпусу є отвір для кріплення калібрів крізь гумові ущільнення. У лівій торцевій та проміжній стінках є отвори зі змінними гумові ущільненнями. На корпусі розташовані вузли роликів важільного типу, які можуть виставлятися над трубою. Рама являє собою зварну конструкцію з прямокутних труб. У нижній частині до неї кріпляться колеса для переміщення ванни рейковим шляхом. На рамі встановлені: насос вакуумний для створення у ванні та калібрі вакууму, бак та насос відцентровий для здійснення циркуляції води у ванні, а також мотор-редуктор з гвинтовим механізмом для повздовжнього переміщення ванни по рейкам.

Корпус ванни має можливість вертикального та поперечного переміщення для центрування його осі з віссю головки. Вертикальне переміщення здійснюється за рахунок регулювання положення осі коліс відносно рами. Поперечне переміщення ванни здійснюється за рахунок поперечного переміщення осі коліс.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Окрім перерахованих вузлів ванна споряджена напірним, зливним та вакуумним трубопроводами, переливними патрубками та вакуумметрами.

Машина тягнуча складається з основи, траверси верхньої, траверси нижньої, ланцюга тракового, привода переміщення нижньої траверси, гвинта переміщення верхньої траверси, пульта керування та напрямних роликів. Привод руху тракових ланцюгів складається з електродвигуна, муфти, черв'ячного редуктора, вертикального вала та конічних зубчастих пар, що передають обертовий рух на тракові ланцюги.

Пристрій маркувальний ПМТ-1 призначений для нанесення маркування методом друкування крізь кольорову стрічку і складається зі стійки та трьох домкратів.

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

Маятник являє собою важіль, якій може повертатися у підшипниковій опорі. На кінці маятника закріплено дискову пилку, яка обертається через клинопасову передачу від електродвигуна. Маятник повертається за допомогою пневмоциліндра. Механізми затискання виробу являють собою пневмоциліндри з закріпленими на кінцях штоків резиновими башмаками. За командою від системи автоматики механізми затискача жорстко притискають трубу, що виготовляється, до башмаків кронштейнів на корпусі каретки.

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

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Приймальний пристрій призначений для приймання труб з полімерних матеріалів, отриманих методом екструзії, та пакетування їх у нагромаджувачі. Встановлюється приймальний пристрій у лінії після відрізного пристрою.

Пристрій складається з основи, приймального лотка, опор, пневмосистеми, пневмоциліндра повороту лотка та двох кінцевих вимикачів. Основа

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

Черв'ячний прес для обробки полімерних матеріалів, що включає корпус з бункером і черв'ячним валом, фільтрувальну решітку і матрицю з отворами, встановленими на виході з розвантажувального пристрою, датчик струму двигуна черв'ячного вала і датчик температури пластини, відрізняється тим, що вони додатково встановлюються в розвантажувальному пристрої гранулятором з полімерного матеріалу з регулятором розміру гранул і датчиком тиску, датчиком концентрації вологи з полімерного матеріалу - на виході з преса та обчислювальним пристроєм, при цьому входи обчислювального пристрою підключені відповідно до виходів датчика струму електродвигуна черв'ячного вала, датчика температури матриці, датчика тиску і датчика концентрації вологи полімерного матеріалу, а вихід обчислювального пристрою з'єднаний з входом регулятора розміру гранул полімерного матеріалу.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2.Опис і обґрунтування даної конструкції

2.1. Опис конструкції, основних збиральних одиниць та деталей

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

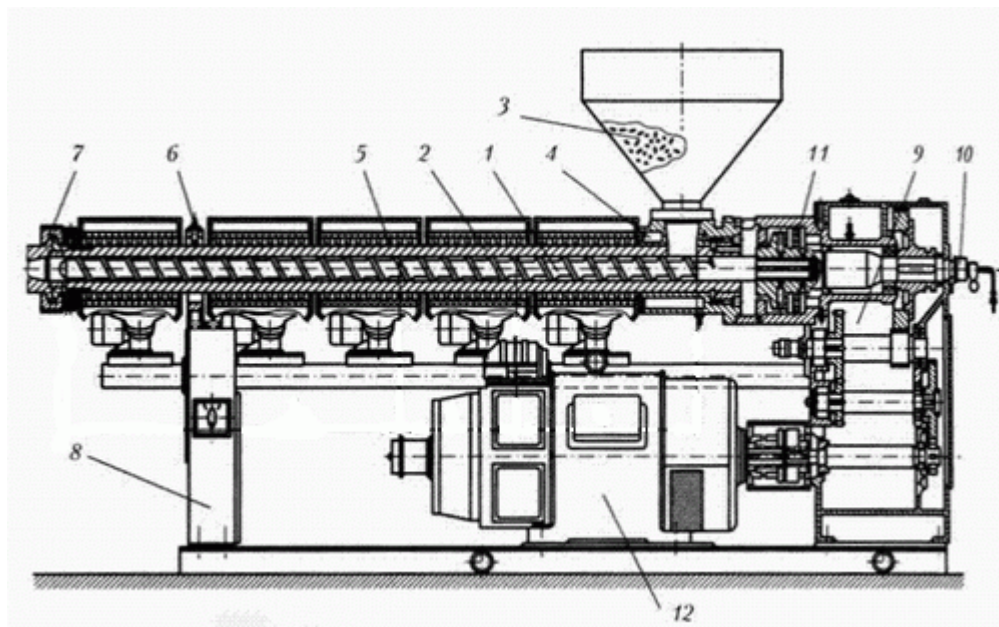


Рис. 3.1. Прес ЧП-40

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

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

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Транспортування супроводжується інтенсивними деформаціями матеріалу та зростанням тиску.

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

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

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

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

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

Воронка завантажувальна являє собою товстостінний циліндр із завантажувальним отвором та водяною рубашкою. Вона складається із корпусу і вставної гільзи. На зовнішній поверхні корпусу воронки завантажувальної встановлений електродвигун.

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

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

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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

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

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

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3. Технічні характеристики ЧП-40

В таблиці 3.1 наведено основні характеристики ЧП-40.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики ЧП-40

№	Параметр	Позначення	Одиниці	Значення
1	Діаметр черв'яка	d	мм	40
2	Частота обертання черв'яка	n	об/хв	30-350
3	Потужність	N	кВт	12.5
5	Продуктивність	Q	кг/год	27

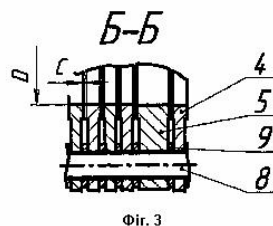
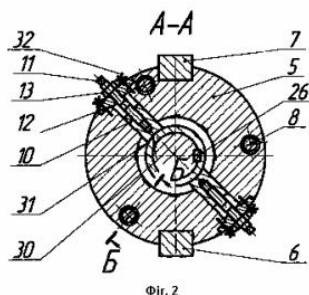
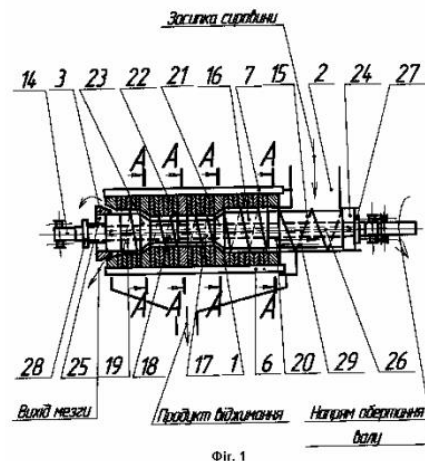
4. Літературно патентний огляд, обґрунтування модернізованої конструкції

4.1 Літературно-патентний огляд

Базова конструкція ЧП представлена в 1

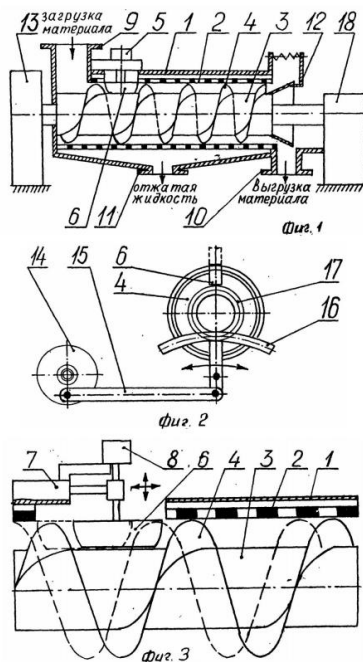
Недоліком даної конструкції ЧП є висока енергоємність і низька якість гомогенізації полімерного матеріалу в процесі переробки в 2-4 наведені варіанти вдосконалення ЧП. Але в існуючих типових конструкціях не забезпечуються можливість регулювання умов дозування полімеру в зоні завантаження що також погіршує ефективність процесу екструзії

В [6] запропонована конструкція черв'яка. Недоліком такого рішення є те, що концентричні кільця і пластини, нерухомі.



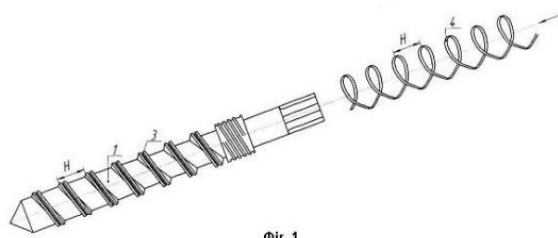
Матеріал, що віджимається, подається в прийомну камеру, з відки захоплюється попередньою втулкою і просувається в прийомну камеру до першого проміжного кільця і витків втулки.

В [7] запропонована конструкція шнекового пресу. Недоліком конструкції шнекового преса є низька надійність у роботі через забивання шнека і провертання матеріалу

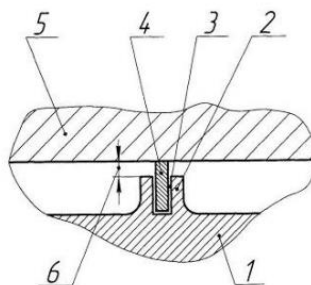


Віджимають матеріал, наприклад, буряковий жом, надходить в бункер і захоплюється витками шнека, що повертається механізмом, і проштовхує матеріал в пресовий канал, утворений стінкою перфорованого циліндра і шнеком.

В [8] запропонована конструкція черв'яка. Суттєвим недоліком цих конструкцій є наявність зазору в рухомому з'єднанні шнек - матеріальний циліндр, крізь який, полімер перетікає через гребені.



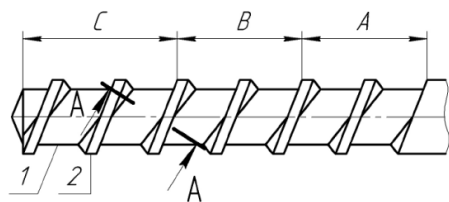
Фиг. 1



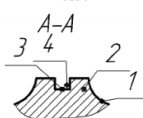
Фиг. 2

Пружний спіральний елемент повністю перекриває зазор і перешкоджає перетіканню полімеру через гребінь при роботі екструдера.

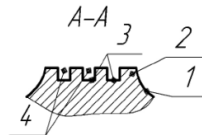
В [9] запропонована конструкція черв'яка. Недоліком даної конструкції є те, що можливий великий зворотний потік розплаву і, як наслідок, зниження продуктивності.



Фиг. 1



Фиг. 2

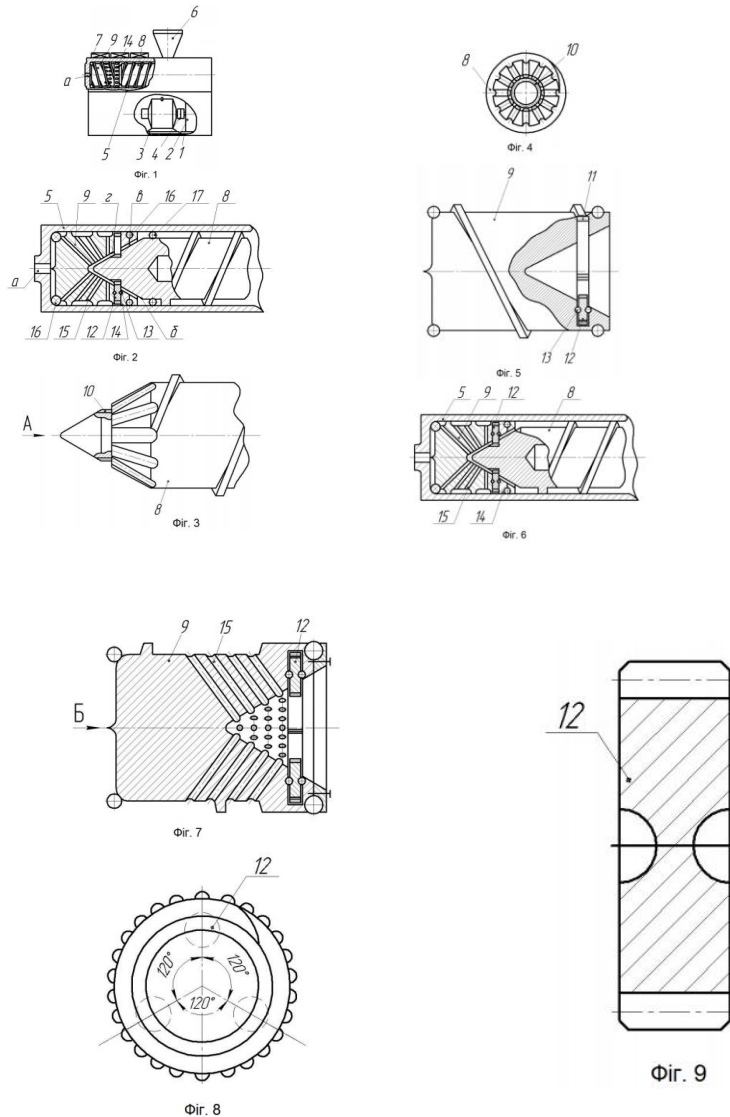


Фиг. 3

Полімерний матеріал при обертанні шнека ущільнюється, розігрівається, плавиться і переміщається в зону дозування, де тиск матеріалу в об'ємі кожного

наступного по ходу матеріалу витка гвинтового каналу більше, ніж в об'ємі попереднього.

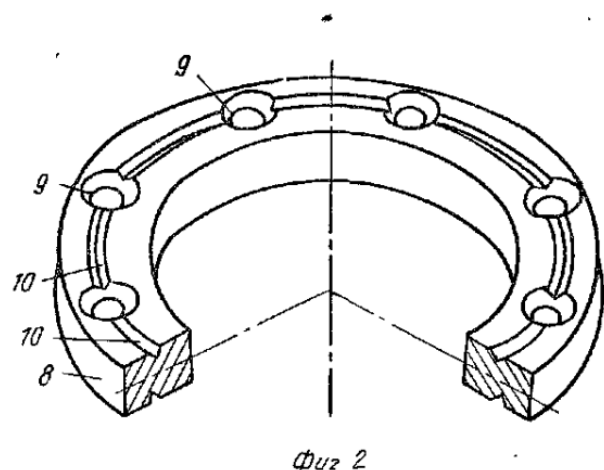
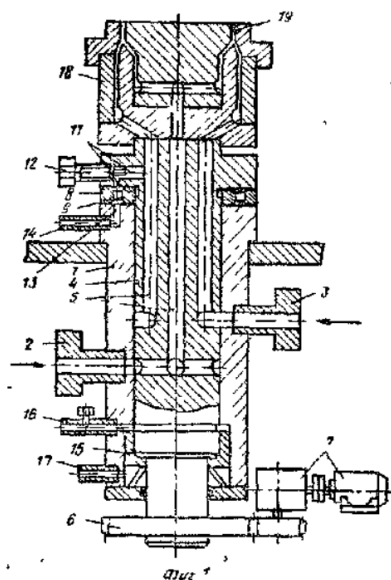
В [10] запропонована конструкція шнекового пресу. Недоліком даної конструкції є те, що вона має недостатній ступінь диспергування за рахунок відсутності зміни напрямку руху потоків та багаторазового їх ділення та зливання.



Полімерний матеріал потрапляє з завантажувальної лійки на обертову першу секцію шнекового екструдера, під дією якої він ущільнюється, розігрівається, плавиться і переміщається в зоні змішування. За рахунок опорних тіл обертання, центруючих другу секцію шнека і встановлених з боку першої секції, матеріал перемішується і потрапляє в робочу зону другої секції шнека, яка за рахунок проміжних шестерень, встановлених між обома секціями, обертається в бік,

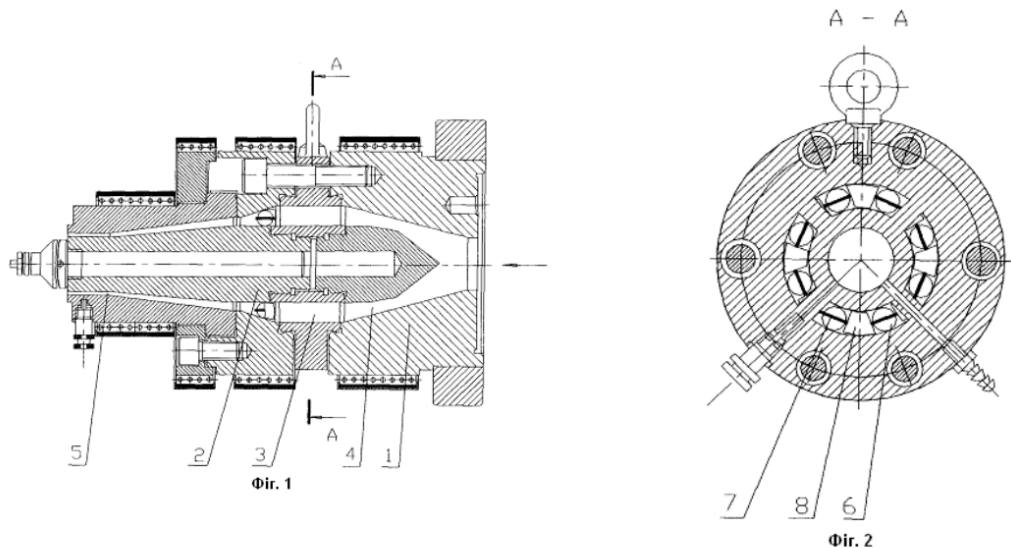
протилежний обертання першої секції шнека, що створює зсувні напруження, спричинені різкою зміною напрямку руху матеріалу на кут, рівний різниці кутів нахилу витків на першій і другій секціях шнека. Потім, зберігаючи загальний напрямок руху до виходу з екструдера, матеріал потрапляє в зони вхідних опорних тіл обертання додатково переміщується і переміщується до вихідного отвору сполученого з формуючою головкою .

В [11] запропонована конструкція екструзійної головки. Недоліком даної екструзійної головки є те, що в умовах високих температур і відсутності спеціальної мастила відбувається швидкий знос підшипників кочення і як наслідок швидке зношення ущільнень.



Після виведення на заданий температурний режим включається подача ррославу через вхідні патрубки корпусу і робочі канали сердечника в корпус екструзійної головки . Після появи розплаву в дренажних трубах з допомогою приводу починається обертання сердечника і встановленого на ньому корпусу . Одночасно з подачею розплавів в корпус з робочих каналів , через додатковий канал розплав надходить спочатку в ближнє до каналу а потім через проточки заповнюються і інші отвори

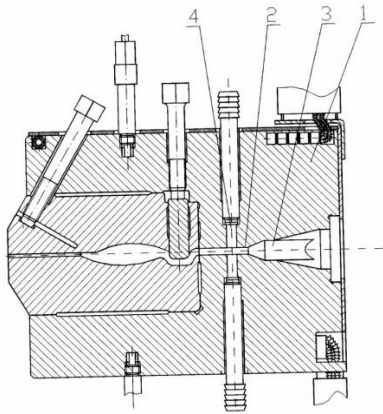
В [12] запропонована конструкція екструзійної головки. Наведена конструкція має той недолік, що для забезпечення надійного зварення потоків розплаву канал головки виконують таким, що значно розширюється, щоб інтенсивно звузити його після дорнотримача. Це веде до збільшення габаритів та матеріалоємності головки.



Розплав, що входить у головку, потрапляє в канал між внутрішньою поверхнею корпусу та зовнішньою поверхнею дорна, приймаючи кільцеву форму. Оминаючи дорнотримач, розплав розбивається на підпотоки, що з'єднуються за ним. В проміжку між дорнотримачем та вихідною ділянкою каналу, розплав взаємодіє з тілами обертання та лопатями, встановленими таким чином, що при цьому вони отримують імпульс в коловому напрямку. Оскільки лопаті пов'язані з сепаратором, що об'єднує тіла обертання, вони разом набувають коловий рух, залучаючи до нього частину розплаву. При цьому лінії зварення потоків, що з'єдналися після проходження дорнотримача, деформуються в коловому напрямку і розмиваються. При цьому відпадає потреба в інтенсивному звуженні перед вихідною ділянкою, а відтак і в значному розширенні потоку перед дорнотримачем.

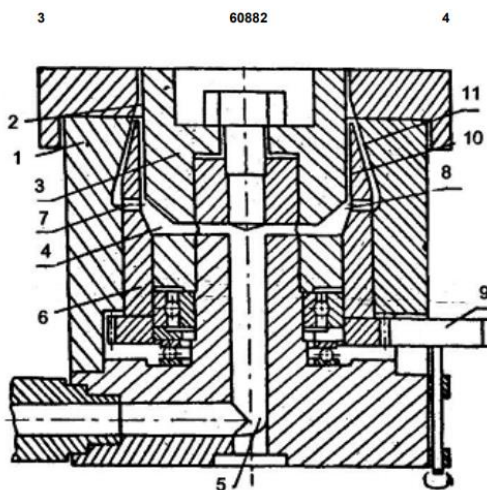
В [13] запропонована конструкція екструзійної головки. Наведена конструкція має той недолік, що внаслідок високої в'язкості полімерних розплавів та їх тертя з

поверхнями каналу виникають значні гідравлічні опори, які призводять до високої енергоємності процесу формування.



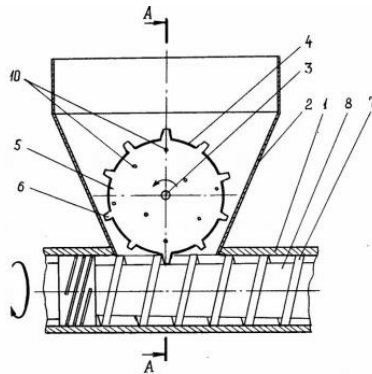
Розплав, що входить у головку, потрапляє в канал для протікання розплаву, утворений внутрішніми поверхнями корпусу. При контакті розплаву з внутрішніми поверхнями на нього діють сили тертя, що створюють спротив течії. Через канал на внутрішні поверхні ззовні подаються змащувальні домішки, які знижують тертя з розплавом, що сприяє зменшенню гідравлічного опору та покращенню якості поверхні полімерного виробу.

В [14] запропонована конструкція екструзійної головки. Недолік такої головки - наявність застійних зон і невисока якість одержуваних виробів

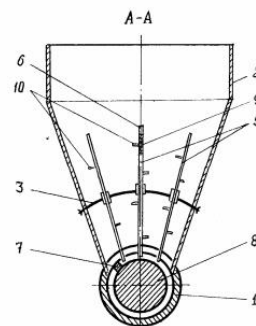


Розплав через канал подається в колектор дорна , звідки основна його частина проходить через радіальні отвори у втулці у колектор , де рівномірно розподіляється за допомогою обертання втулки і подається через канал 1 в формуючий зазор .

В [15] запропонована конструкція завантажувального пристрою. Недоліком конструкції є значна площа стикування стержнів з оброблюваним матеріалом, а отже і значні згинальні зусилля, що діють на кожний стержень з боку матеріалу.



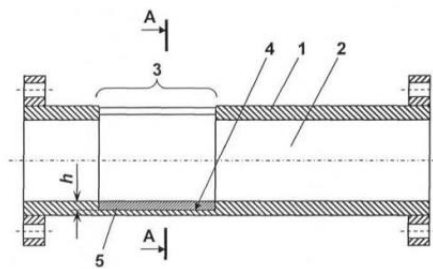
Фиг. 1



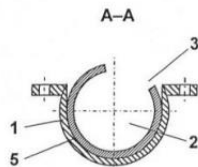
Фиг.2

Матеріал, що підлягає переробленню, у вигляді гранул, кришки або порошку надходить у воронку. Під час обертання черв'яка зубці кожного диска входять у зачеплення з гребенем , за рахунок чого перегрібач обертається навколо осі . Це забезпечує безперервне перемішування матеріалу у воронці за допомогою ворушильних штирів і боковою поверхнею дисків .

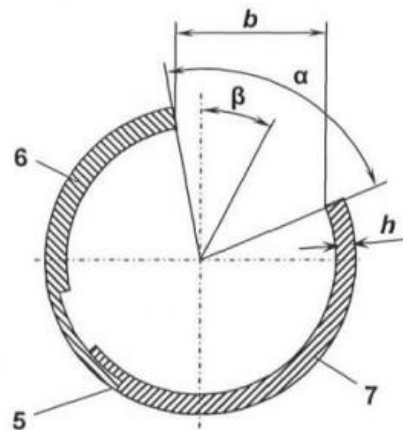
В [16] запропонована конструкція завантажувального пристрою. Поперечне вікно зазначеної завантажувальної секції має незмінну геометрію, отже вона забезпечує ефективне подавання в екструдер лише вихідної сировини певного типу.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Залежно від типу вихідної сировини у розточку циліндричної порожнини встановлюють знімну втулку з потрібним кутом вирізу α і кутом його повороту β відносно поздовжньої осі циліндричної порожнини у таке положення, щоб утворювана щілина поперечного вікна для проходу вихідної сировини мала потрібну ширину і була розташована в потрібному місці відносно поздовжньої осі циліндричної порожнини корпусу. Після цього в поперечне вікно корпусу подають вихідну сировину, призначену для подальшого перероблення в екструдері.

4.2 Обґрунтування вибору варіанту удосконалення завантажувального пристрою

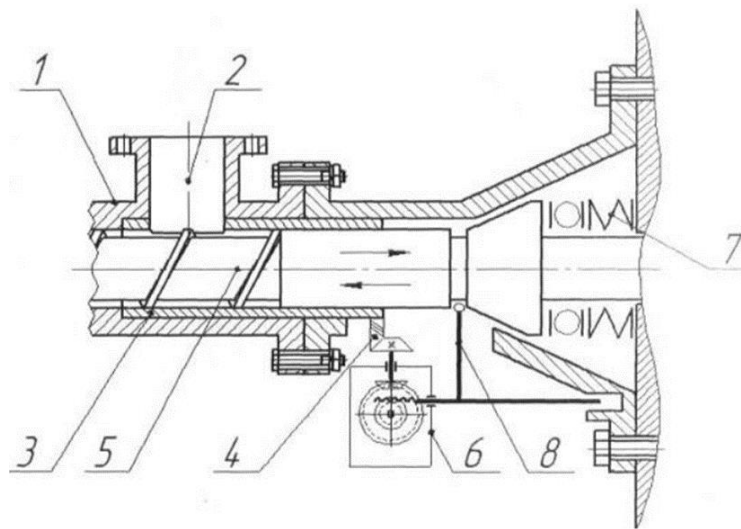
Як висновок слід відзначити що проведений огляд літератури та патентів показує що для підвищення ефективності екструдера доцільно використати рішення 5

Запропонована конструкція допомагає регулювати кількість завантажуваного матеріалу і таким чином досягається стабілізація процесу екструзії на виході

В якості базової конструкції розглядається завантажувальна секція одночерв'ячного екструдера якій властива безконтрольна подача гранулянту і як наслідок можливість отримання бракованої продукції.

З метою модернізації даної конструкції проведено огляд патентів.

В якості базової конструкції прийнято рішення запропоноване в патенті представлене на малюнку :



В процесі роботи екструдера матеріал із отвору 2 потрапляє в гвинтовий канал зони завантаження черв'яка 5, де захоплюється його витками і транспортується до наступних технологічних зон машини. При збільшенні протитиску в цих зонах, під дією черв'яка 5, тарілчаста пружина 7 стискається, при цьому черв'як 5 переміщує важіль 8, приводячи в дію механізм регулювання обертового переміщення 6, який, в свою чергу, передає обертовий рух через зубчастий сегмент 4 на знімну втулку 3. Внаслідок цього зменшується прохідний переріз завантажувального отвору 2. При зменшенні прохідного перерізу знижується протитиск і величина осьового зусилля на черв'як 5. Під дією стиснутої тарілчастої пружини 7, черв'як 5 відходить у початкове положення, знімна втулка 3 при цьому обертається в іншому напрямку і таким чином регулює кількість матеріалу, що подається до машини.

Використання запропонованого удосконалення завантажувальної секції одночерв'ячного екструдера показує умови завантаження та забезпечує стабілізація процесу екструзії, що сприяє покращенню якості полімерних виробів.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			

5. Охорона праці

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності та регламентує можливі причини нещасних випадків на виробництві, професійні захворювання, вибухи, пожежі, створення безпечних для людини умов праці.

Закон України «Про охорону праці» (від 14.10.1992 №2694-12) визначає основні положення щодо конституційного права громадян про охорону життя здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини з питань безпеки праці та виробничого середовища, встановлює єдиний порядок організації охорони праці на території України. Дотримання законодавчих нормативних актів про охорону праці веде до зниження травматизму на виробництві.

Відповідно до теми дипломного проекту “Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою” для безпечної роботи обслуговуючого персоналу лінії для підприємств хімічної промисловості забезпечено умови, що відповідають державним та галузевим стандартам, а також нормам та правилам.

Для зниження травматизму на виробництві за результатами аналізу визначені небезпечні виробничі фактори, які виникають при експлуатації одночерв'ячного екструдера лінії для вироблення ПЕНТ труб:

- Електро небезпека;
- пожежна безпека;
- виробничий шум;
- повітря робочої зони.

5.1 Повітря робочої зони

Умови роботи на розроблюваному екструдері та лінії в цілому за ГОСТ 12.1.005-88/98 відносяться до категорії легкої тяжкості (енерговитрати 121-150 ккал/год).

Склад повітря робочої зони залежить від параметрів метеорологічних умов температури (у холодний період року $t=19-21^{\circ}\text{C}$, у теплий період року $t=21-24^{\circ}\text{C}$), відносної вологості (60 – 40%), а також кількості шкідливих речовин, що виділяються машиною при плавленні ПЕНТ, при цьому виділяється окис вуглецю, вуглеводні, органічні кислоти, альдегіди і інші токсичні речовини.

Таблиця 5.1: Параметри повітря робочої зони

Сезон року	Категорія робіт	Допустима температура $^{\circ}\text{C}$	Фактична температура $^{\circ}\text{C}$	Допустима відносна вологість %	Фактична відносна вологість %	Допустима швидкість руху повітря, м/с	Фактична швидкість руху повітря, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодний період року	Легка I	20-24	20-21	$V>75$	40-65	$V>0,2$	0,2
Теплий період року	Легка I	21-28	20-25	$V>75$	40-70	$V>0,2$	0,2

Величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочих приміщеннях вибирається за ДСН 3.36.042-99.

Для безпосереднього відводу шкідливого повітря чи газів, від місця їх виникнення чи виділення, під головкою черв'ячного екструдера встановлюється вентиляційний ковпак закритого типу з фільтром продуктивністю 360 м³/год. Видалення шкідливих речовин супроводжується подальшим очищенням повітря, що відповідає вимогам ГОСТ 12.1.005-88/98.

5.2 Виробничий шум

Шум, який створюється при роботі екструдера та іншого устаткування лінії, постійний. Основними джерелами шуму при роботі є вали та черв'яки, що обертаються, електродвигуни, вентилятори та інше устаткування, в яких шум досягає 90 дБА.

За своєю природою шум у даному випадку механічний гідроаеродинамічний. Зниження шуму досягається шляхом шумопоглинання. Щоб досягнути максимального ефекту використання шумопоглинаючого покриття, вкриваємо ним не менше 60% внутрішньої площі. Вихлопні патрубки насосів з'єднані з герметичним каналом, який забезпечує ізоляцію шума вихлопа. Звукоізолююча здатність дверного проїому приміщення повинна бути не нижче 30 дБА.

Для зменшення шуму елементів, що обертаються, необхідно відслідковувати с рівень мастила в підшипникових вузлах.

Мікрофон при вимірюванні рівня звуку встановлено на висоті 1,5-1,8 м від підлоги.

Стіни і перекриття цього приміщення забезпечені звукоізолюючим облицюванням з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7 і мають звукоізолюючу здатність не нижче 50 дБА.

Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- встановлення екранів (L -15 дБА);
- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться (L - 6 дБА);
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом (L -8 дБА).
- використання протишумових навушників ПШН-Б, призначені для захисту від шуму при рівні до 115дБА

Вищевказані заходи дозволили знизити рівень шуму до 65 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

5.3 Електробезпека

За класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом приміщення цеху, де встановлена дана лінія відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою згідно Правил улаштування електроустановок та правил безпечної експлуатації споживачів.

За характером навикишнього середовища, приміщення характеризується як вологе (відносна вологість повітря у приміщенні близько 75%).

Оскільки для роботи лінії використовується напруга 220/380 В частотою 50 Гц, то використовуємо трифазну трипроводову мережу з ізольованою нейтраллю. Мережа з ізольованою нейтраллю в ізольованому режимі набагато безпечнішою при торканні до фазового дроту.

Засоби забезпечення електробезпеки:

а) в робочому режимі:

- ✓ неможливість дотику або небезпечного наближення до струмоведучих частин забезпечують їх недосяжність за допомогою розташування на недосяжній висоті, більш 2,5 м., огорож та блокувань;
- ✓ Покриття струмоведучих частин або відокремлення їх від інших частин прошарком діелектрика забезпечує протікання струму по потрібному шляху та безпечну експлуатацію електрообладнання.

Застосовують такі види ізоляції:

- робоча,
- допоміжна,
- подвійна ізоляція, яка виконана з діелектричних матеріалів з питомим опором не менше ніж $R = (10^8 \dots 10^{17}) \text{ Ом} \cdot \text{см}$,
- посилена.

Наявність позначень фаз на електричних частинах (фарбування, надписи, позначення проводів різними кольорами:

А – ЖОВТИЙ,

В – зеленый,

С— червоний, нульовий, або нульовий захисний – жовтий із зеленими
полосами);

б) в аварійному режимі:

- захисне заземлення, опір якого не має перевищувати: у мережах до 1000В
- 4 МОм, у мережах понад 1000В – не більше 0,5 МОм.

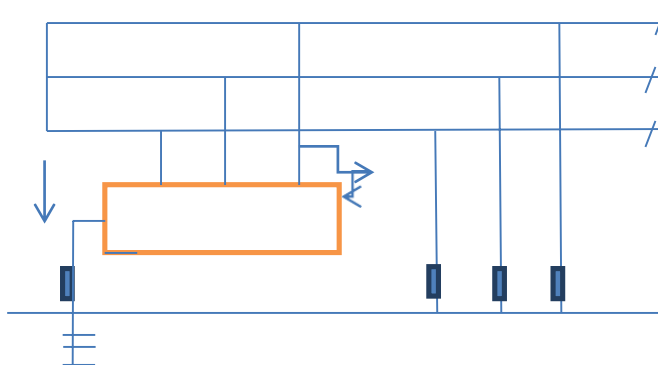


Рисунок 5.3 Схема захисного заземлення

Дотримання вимог електробезпеки при проектуванні апаратів для даної лінії є дуже важливим чинником, знижує смертність та травматизм серед обслуговуючого персоналу в виробничих умовах.

Засобом захисту статичної електрики є заземлення.

5.4 Пожежна безпека

При роботі чerv'ячного преса використовуються горючі змащувальні матеріали, також для виготовлення труб з матеріалу ПЕНТ здійснюється при досить високій температурі $T = 125-132\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тому можливими причинами пожежі можуть бути:

- порушення технологічного режиму;
- несправність електрообладнання й електромережі;
- куріння в невстановлених місцях.

Запобігання можливості виникнення пожежі забезпечується такими заходами:

- додержанням технологічних норм та правил експлуатації;
- паління лише у визначених місцях;
- своєчасне проведення інструктажу з цивільного захисту, пожежної безпеки та дії в надзвичайних ситуаціях серед обслуговуючого персоналу;
- організація агітації по протипожежному захисті;
- наявність засобів для організації, зокрема, електричної пожежної сигналізації та засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною;
- наявність вогнегасників у безпосередній близькості від установки;

Приміщення для розроблюваного преса для виготовлення труб з матеріалу ПЕНТ відноситься до категорії В – пожежонебезпечні, так як містить горючі речовини (перероблюваний матеріал – поліетилен низького тиску, змазуючі мастила), клас зони П – Па (ПУЕ). Кількість поверхів не обмежується. Площа поверхів у межах пожежних не обмежується. Приміщення відноситься до першого ступеню вогнестійкості що відповідає ДБН В 1.1-7-2016.

У приміщенні площею 300 м² встановлені модулі автоматичного порошкового пожежогасіння САМ-9 3×12 м², теплові сповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до вище заданої межі T= 72 °С.

Згідно правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників Первинними засобом гасіння пожежі є порошкові у кількості 10 шт та ящики з піском - 6 шт;

Протипожежна безпека черв'ячного преса відповідає вимогам НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні та ДБН В 1.1-7-2016.

6. Очікувані механіко-економічні показники

В результаті проектування екструдера для виробництва поліетиленових труб була проведена модернізація завантажувального пристрою, яка:

- забезпечує стабільне дозування сировини;
- забезпечує зменшення браку на виході;

Висновки

Дипломний проект виконано згідно з темою “Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою”.

В дипломному проекті здійснено проектування екструдера 40×30 що входить до складу лінії виробництва труб з поліетилену низького тиску.

Дипломний проект містить вступ, призначення та область використання лінії для екструдера 40×30, опис технологічного процесу, вибір типу преса та його місце в технологічній схемі лінії, технічну характеристику екструдера 40×30, опис конструкції екструдера 40×30 та основних збиральних одиниць та деталей, патентний огляд, відповідність преса до вимог охорони праці.

Приведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції екструдера 40×30.

Приведено технологію виготовлення корпусу черв'ячного преса.

Модернізацією даного дипломного проекту є вдосконалення конструкції завантажувального пристрою, що значно підвищить ефективність роботи екструдера

Розрахунки
До дипломного проекту
на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією
завантажувального пристрою»

Київ – 2021 рік

Зміст

1. Розрахунки які підтверджують працездатність екструдера ЧП-40.....	2
1.1. Розрахунок геометрії черв'яка	2
1.2. Розрахунок формуючої головки	4
1.3. Розрахунок продуктивності преса ЧП-40 при переробці ПЕНТ	7
1.4. Розрахунок перепаду тиску в головці	8
1.5. Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-40.....	9
1.6. Розрахунок черв'яка на міцність	12
1.7. Розрахунок черв'яка на кручення	14
1.8. Розрахунок черв'яка на жорсткість	16
1.9 Тепловий розрахунок черв'ячного преса	17
2 Розрахунок черв'яка на стиск.....	18
2.1 Розрахунок черв'яка на кручення.....	18
Висновки.....	22

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Демченко										
Перевір.	Сівецький									1	
Реценз.									НТУУ «КПІ», ІХФ,		
Н. Контр.											
Затверд.	Гондляр										

3.Розрахунки

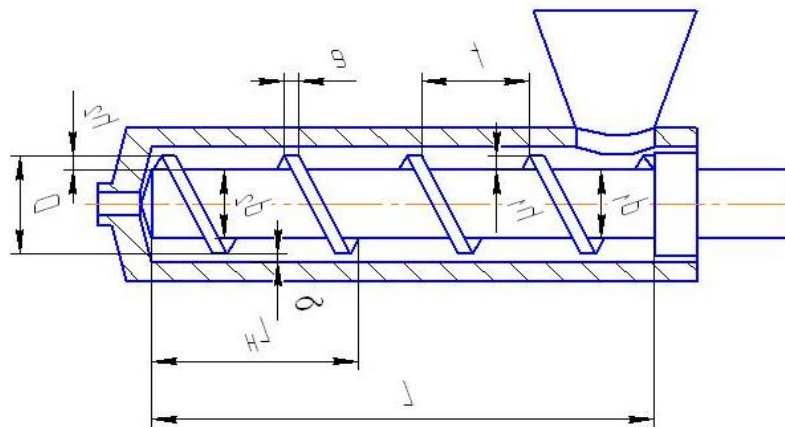
1.1. Розрахунок геометрії черв'яка

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

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

У представлений лінії використовується екструдер з черв'яком діаметром $D=40$ мм, відношення довжини робочої частини до його діаметра $L/D=30$.

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



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

Робоча довжина черв'яка:

$$L = D \cdot (L/D) = 40 \cdot 30 = 1200 \text{ мм.}$$

1. Довжина пліцевої частини черв'яка:

$$L_{\text{пл}} = (1.25 \dots 1.5)D = 1.25 \cdot 40 = 50 \text{ мм.}$$

2. Довжина підшипника циліндричної частини черв'яка

$$L_n = (1.5 \dots 2)D = 1.5 \cdot 40 = 60 \text{ мм.}$$

3. Довжина нарізної відбійної частини черв'яка:

$$L_h = 0.3D = 0.3 \cdot 40 = 12 \text{ мм.}$$

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

4. Довжина хвостової частини черв'яка:

$$L_{xв} = L_{шл} + L_n + L_n = 50 + 60 + 12 = 122 \text{ мм}$$

5. Загальна довжина черв'яка:

$$L_0 = L + L_{xв} = 1200 + 122 = 1322 \text{ мм}$$

6. Довжина зони дозування L_d :

$$L_d = 0.4 \cdot L = 0.4 \cdot 1200 = 480 \text{ мм.}$$

7. Довжина зони завантаження L_z :

$$L_z = 0.25 \cdot L = 0.25 \cdot 1200 = 300 \text{ мм.}$$

8. Довжина зони пластикації $L_p > 0.2 L$:

$$L_p = L - L_d - L_z = 1200 - 480 - 300 = 420 \text{ мм}$$

$$420 > 0.2 \cdot 1200 = 240 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

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

$$t = 1.03 \cdot D = 1 \cdot 40 = 41 \text{ мм.}$$

10. Ширина витка e :

$$e = 0.08 \cdot D = 0.08 \cdot 40 = 3.2 \text{ мм.}$$

11. Глибина нарізки в зоні завантаження h_1 :

$$h_1 = 0.127 D = 0.127 \cdot 40 = 5 \text{ мм.}$$

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

$$d_1 = D - 2 h_1 = 40 - 2 \cdot 5 = 30 \text{ мм.}$$

13. Глибина нарізки в зоні дозування h_2 :

$$h_2 = 0.5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0.5 \cdot \left[40 - \sqrt{40^2 - \frac{4 \cdot 5}{2.5} (40 - 5)} \right] \\ = 1.8 \text{ мм}$$

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

приймаємо $i=2.5$.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

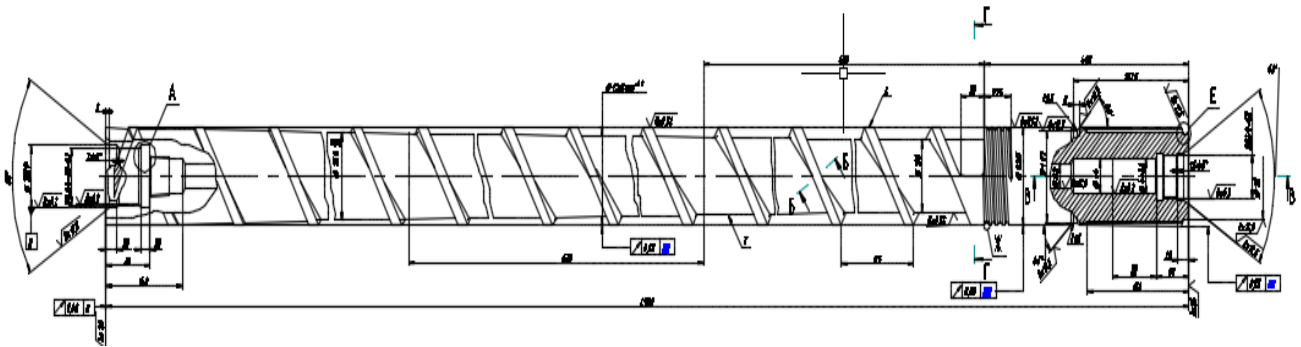
9. Діаметр сердечника черв'яка в зоні дозування d_2 :

$$d_2 = D - 2 h_2 = 40 - 2 \cdot 1.8 = 36.4 \text{ мм.}$$

10. Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу δ
 $0.1 \text{ мм} < \delta < 0.3 \text{ мм}$

$$\delta = 0.003 \cdot D = 0.003 \cdot 40 = 0,12 \text{ мм.}$$

Розрахований черв'як зображено на кресленні



1.2. Розрахунок формуючої головки

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

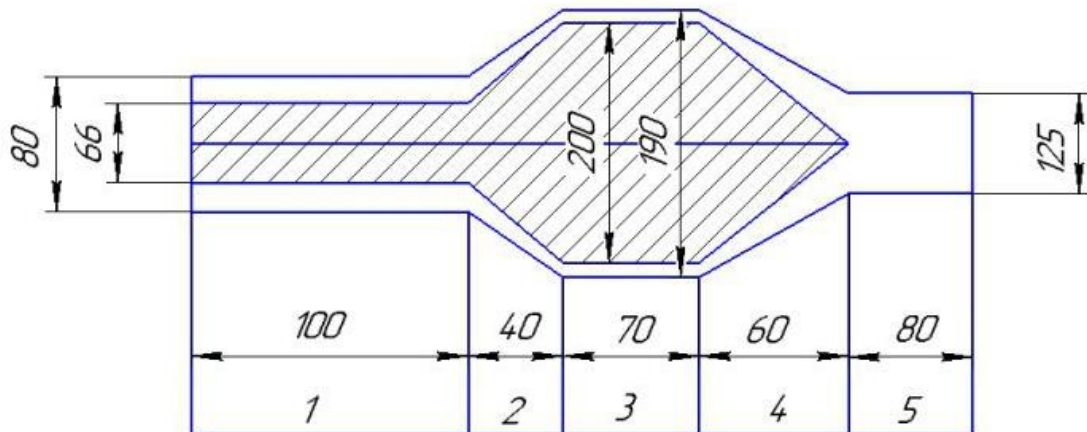


Рис.4.3. розрахункова Схема формуючої головки.

Розглядаємо окремо кожний канал головки, в яких рухається матеріал:

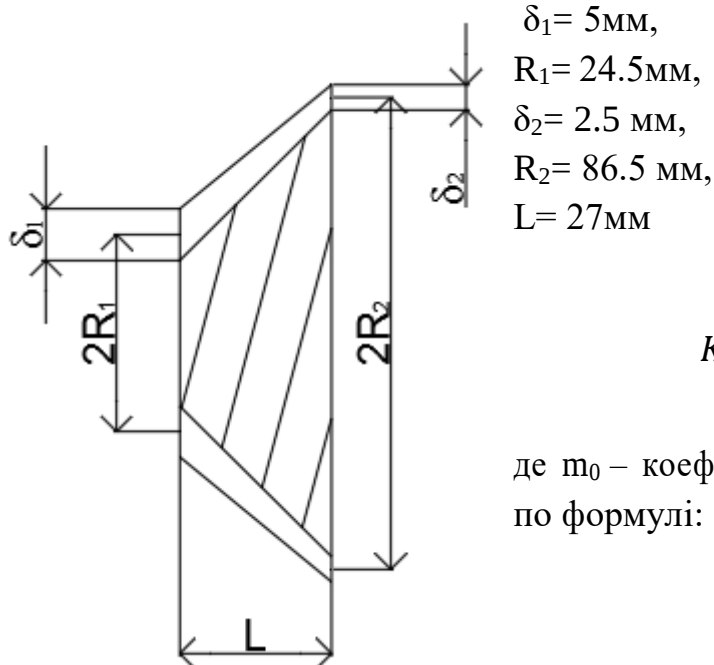
Визначаємо коефіцієнт геометричної форми кожної з ділянок формуючої головки

1-й канал круглый кольцевой

$$K_1 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{\pi(27 + 22)(27 - 22)^3}{12 \cdot 93} = 17.2 \text{ мм}^3$$

де L= 93 мм, R₂=27 мм, R₁=22 мм.

2-й канал конічний кільцевий з конічною щілиною



δ₁= 5мм,
R₁= 24.5мм,
δ₂= 2.5 мм,
R₂= 86.5 мм,
L= 27мм

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

де m₀ – коефіцієнт, який розраховується по формулі:

$$m_0 = \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2}$$

$$= \frac{2.3(24.5 - 86.5)^2}{(24.5 \cdot 2.5 - 86.5 \cdot 5)^2} \lg \frac{24.5 \cdot 2.5}{86.5 \cdot 5} - \frac{(24.5 - 86.5)(5 - 2.5)}{(24.5 \cdot 2.5 - 86.5 \cdot 5)5 \cdot 2.5} - \frac{5^2 - 2.5^2}{2 \cdot 5^2 \cdot 2.5^2} = -0.1478$$

Тоді:

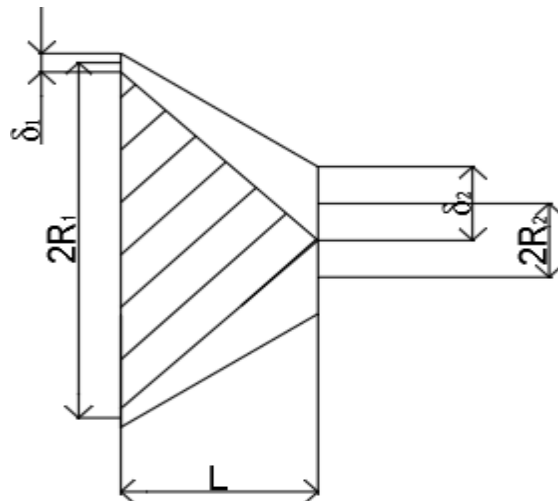
$$K_2 = \frac{\pi(24.5 \cdot 2.5 - 86.5 \cdot 5)}{6 \cdot 27 \cdot (-0.1478)} = 48.7 \text{ мм}^3$$

3-й канал круглый кольцевой

$$K_3 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{\pi(91.5 + 81.5)(91.5 - 81.5)^3}{12 \cdot 9} = 5030 \text{ мм}^3$$

де L= 9 мм, R₁= 81.5 мм, R₂=91.5 мм.

4-й канал конічний кільцевий



$$\begin{aligned}\delta_2 &= 11 \text{ мм}, \\ R_2 &= 64 \text{ мм}, \\ \delta_1 &= 14 \text{ мм}, \\ R_1 &= 24 \text{ мм}, \\ L &= 42 \text{ мм}\end{aligned}$$

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

де m_0 – коефіцієнт, який

розраховується по формулі:

$$\begin{aligned}m_0 &= \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} = \\ &= \frac{2.3(24 - 64)^2}{(24 \cdot 11 - 64 \cdot 14)^2} \lg \frac{24 \cdot 11}{64 \cdot 14} - \frac{(24 - 64)(14 - 11)}{(24 \cdot 11 - 64 \cdot 14)14 \cdot 11} - \frac{14^2 - 11^2}{2 \cdot 14^2 \cdot 11^2} = -7.21\end{aligned}$$

Тоді

$$K_4 = \frac{\pi(24 \cdot 11 - 64 \cdot 14)}{6 \cdot 42 \cdot (-7.21)} = 1.09 \text{ мм}^3$$

5-й канал круглий циліндричний

$$K_5 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{\pi 40^4}{128 \cdot 1.5} = 41867 \text{ мм}^3$$

$$d=40 \quad L=1.5$$

Коефіцієнт геометричної форми головки:

$$\frac{1}{K_{\text{зг}}} = \frac{1}{K_1} + \dots + \frac{1}{K_n} = \frac{1}{17.2} + \frac{1}{48.7} + \frac{1}{5030} + \frac{1}{1.09} + \frac{1}{41867} = 0.996 \text{ мм}^{-3}$$

$$K_{\text{зг}} = \frac{1}{0.996} = 1 \text{ мм}^3$$

Розраховану формуючку головки зображено на кресленні
ЛП51.13.7242.002-70.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.3. Розрахунок продуктивності преса ЧП-40 при переробці ПНТ

Продуктивність черв'ячного преса розраховується за формулою:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K_{3r} \cdot \frac{n}{60}}{K_{3r} + \beta + \gamma}$$

де $n = 75$ - число обертів черв'яка, об/хв.

$K_{3r} = 1$ - коефіцієнт геометричної форми головки, мм³.

α - коефіцієнт прямого потоку, м³

β - коефіцієнт зворотного потоку, м³

γ - коефіцієнт потоку втрат, м³

Коефіцієнти розраховуються по формулам:

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

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

$t = 41$ - крок витків, мм.

$h_2 = 1.8$ - глибина каналу в зоні дозування, мм.

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

$e = 3.2$ - ширина витка, мм.

$\rho = 950$ - густина ПНТ, кг/м³.

Тоді:

$$C = 1 + \frac{40^2}{2 \cdot 1.8^2} = 247.91, A = \frac{\pi}{1.8} \left(\frac{40}{1.8^2} - 1 \right) = 19.79 \text{ мм}^{-2}, B = \frac{1.8+40}{40^2 \cdot 1.8^3} = 0.0045 \text{ мм}^{-4}$$

Знаходимо коефіцієнти α, β, γ :

$$\alpha = \frac{\pi^3(41 - 1 \cdot 3.2) \cdot 247.91}{19.79 + 41^2 \cdot 0.0045} = 1075 \text{ мм}^3;$$

$$\beta = \frac{41 \cdot \pi(41 - 1 \cdot 3.2)}{12 \cdot 300(3.61 + 41^2 \cdot 0.0045)} = 0.121 \text{ мм}^2;$$

$$\gamma = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 0.12^3 \cdot 41^2}{10 \cdot 3.2 \cdot 300 \sqrt{\pi^2 40^2 - 41^2}} = 0.00032 \text{ мм}^2;$$

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Тоді продуктивність:

$$Q = \frac{\alpha \cdot K_{3r} \cdot \frac{n}{60}}{K_{3r} + \beta + \gamma}$$

$$Q = \frac{1075 \cdot 1 \cdot \frac{75}{60}}{1 + 0.121 + 0.00032} = 1200 \text{ мм}^3/\text{с} = 2.04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

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

$$\Pi = Q \cdot \rho = 3600 \cdot 2.04 \cdot 10^{-6} \cdot 950 = 6.98 \text{ кг/год.}$$

Розрахункова продуктивність преса при $n=75$ об/хв $\Pi = 7$ кг/год.

1.4. Розрахунок перепаду тиску в головці

Знаходимо значення швидкості зсуву в кожному каналі головки:

Круглий кільцевий

$$\gamma_1 = \frac{22.33Q}{\pi(R_H + R_{BH})(R_H - R_{BH})^2} = \frac{22.33 \cdot 1200}{\pi \cdot (27 + 22)(27 - 22)^2} = 6.9 \text{ с}^{-1}$$

Конічний кільцевий

$$\gamma_2 = \frac{22.33Q}{\pi(R_0 + R_1)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.33 \cdot 1200}{\pi \cdot (86.5 + 24.5)(5 + 2.5)^2} = 1.3 \text{ с}^{-1}$$

Круглий кільцевий

$$\gamma_3 = \frac{22.33Q}{\pi(R_H + R_{BH})(R_H - R_{BH})^2} = \frac{22.33 \cdot 1200}{\pi \cdot (91.5 + 81.5)(91.5 - 81.5)^2} = 0.49 \text{ с}^{-1}$$

Конічний кільцевий

$$\gamma_4 = \frac{22.33Q}{\pi(R_0 + R_1)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.33 \cdot 1200}{\pi \cdot (64 + 24)(14 + 11)^2} = 0.27 \text{ с}^{-1}$$

Круглий циліндричний

$$\gamma_5 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 1200}{\pi \cdot 35^3} = 0.19 \text{ с}^{-1}$$

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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

$$\mu_1 = 6.24 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad \mu_2 = 3.7 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad \mu_3 = 2.8 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_4 = 2.3 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad \mu_5 = 2.1 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Тоді перепад тиску в кожному каналі головки буде:

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

$$P_1 = 6.24 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{17.2} = 62 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_2 = 3.7 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{48.7} = 13 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_3 = 2.8 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{5030} = 0.0957 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_4 = 2.3 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{1.09} = 362 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$P_5 = 2.1 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{41867} = 0.008627 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Загальний перепад тиску в головці:

$$\Delta P_r = (62 + 13 + 0.0957 + 362 + 0.008627) \cdot 10^6 = 437 \text{ МПа}$$

1.5. Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-40

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

I. В каналі гвинтової нарізки.

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

$n = 75$ – швидкість обертання черв'яка, об/хв

$\Delta P_r = 437$ – перепад тиску в головці, МПа

$\alpha = 1075$ – постійна прямого потоку, мм^3

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

μ_K – в'язкість матеріалу в каналі, Па·с

$L_d = 480$ – довжина зони дозування, мм

J -коефіцієнт, обчислюється за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{\pi^2 \cdot 40^2 - 4 \cdot 41^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot 40^5}{41^2 + \pi^2 \cdot 40^2} = 58755$$

Знайдемо значення γ_K швидкість зсуву в каналі екструдера:

$$\gamma_K = \frac{\pi^2 D^2 n}{60 h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2t^2}} = \frac{\pi^2 40^2 75}{60 \cdot 1.8 \sqrt{\pi^2 \cdot 40^2 + 2 \cdot 41^2}} = 79 \text{ с}^{-1}$$

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

$$\mu_K = 2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Тоді потужність в каналі:

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L_d \cdot J \cdot \mu_K \cdot n^2}{36t} + \frac{10^{-5} \cdot \alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6}$$
$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (41 - 3.2) \cdot 480 \cdot 58755 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 75^2}{36 \cdot 41} + \frac{10^{-5} \cdot 1075 \cdot 437 \cdot 75}{6} = 2.5 \text{ кВт}$$

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

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 e \cdot L \cdot D^3 \cdot \mu_3 \cdot n^2}{36t\delta}$$

Знайдемо значення швидкості зсуву:

$$\gamma_3 = \frac{\pi D n}{60 \cdot \delta} = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 75}{60 \cdot 0.12} = 1308 \text{ с}^{-1}$$

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

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

$$\mu_3 = 2.2 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Потужність в зазорі:

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 \cdot 3.2 \cdot 480 \cdot 40^3 \cdot 2.2 \cdot 10^4 \cdot 75^2}{36 \cdot 41 \cdot 0.12} = 0.212 \text{ кВт}$$

Загальна потужність, що використовується в зоні дозування дорівнює:

$$N_d = N_1 + N_2 = 2.5 + 0.212 = 2.712 \text{ кВт}$$

Потужність споживання на всій довжині черв'яка дорівнює:

$$N_q = 2N_d = 2 \cdot 2.712 = 5.424 \text{ кВт}$$

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

$$N_d = \frac{N_q}{\eta} = \frac{5.424}{0.7} = 7.75 \text{ кВт}$$

По отриманим розрахункам вибираємо асинхронний двигун типу 4А160S8 УЗ ГОСТ 183-74 потужністю $N=7.5$ кВт; з синхронною частотою обертання – 750 об/хв; габаритні розміри якого 625х430х358 мм.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.6 Розрахунок черв'яка на міцність

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

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

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

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 80}{75} = 10^4 \text{ Н}$$

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

$n=75$ - швидкість обертання черв'яка, об/хв.

Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 10^4}{0.04} = 500 \text{ кН}$$

де $D=0,04$ - зовнішній діаметр черв'яка, м;

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9.81G}{l_p} = \frac{9.81 \cdot 200}{1.2} = 1799 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

де $G \approx 220$ - маса черв'яка, кг;

$l_p=1.2$ - довжина робочої частини, м

$$M_{max} = 0.5ql_p^2 = 0.5 \cdot 1799 \cdot 1.2^2 = 1295 \text{ Н}$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.04^3(1 - 0.75^4)}{32} = 4.3 \cdot 10^{-6}$$

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

d_0 -діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{10^4}{5.5 \cdot 10^{-6}} = 181 \text{ МПа}$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3.14 \cdot 0.04^3 (1 - 0.75^4)}{16} = 5.5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{121 + 4 \cdot 181^2} = 362 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу :

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{екв}} = \frac{700}{362} = 1.94$$

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

1.7 Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

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

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

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

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

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

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

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахункове напруження кручення:

$$\tau_p = \frac{M_{кр}}{2W_{ro}} = \frac{10^4}{2 \cdot 1.2 \cdot 10^{-5}} = 416.7 * \text{МПа}$$

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

$$W_{ro} = 2 \frac{I}{R} = 2 \cdot \frac{8.6 \cdot 10^{-8}}{0.015} = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Полярний момент інерції перетину черв'яка:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4 (1 - \alpha^4)}{64} = \frac{3.14 \cdot 0.04^4 (1 - 0.75^4)}{64} = 8.6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$R=0,015$ – радіус сердечника черв'яка, м.

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

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.8 Розрахунок черв'яка на жорсткість

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

Вихідні дані : Матеріал черв'яка сталь 40Х, діаметр черв'яка $d=35$ мм, зазор між корпусом і черв'яком $\delta = 0,12$ мм, E – модуль пружності $E=2 \cdot 10^5$ МПа; $I=8.6 \cdot 10^{-8}$ м⁴ – полярний момент інерції перетину черв'яка; $P_{oc} = 500$ кН, $l_p = 1.2$ м.

Максимальний прогин дорівнює :

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

де

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{500000}{2 \cdot 10^5 \cdot 8.6 \cdot 10^{-8}}} = 5391$$

$$A = \frac{q [l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p)]}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{1799 [1.2 - \frac{1}{5391} \sin(5391 \cdot 1.2)]}{5391 \cdot \cos(5391 \cdot 1.2)} = 0.41$$

Максимальний прогин :

$$\delta_{max} = \frac{1}{2 \cdot 10^5 \cdot 8.6 \cdot 10^{-8}} \left[\frac{1799}{5391^2} \left(\frac{1}{5391^2} + \frac{1.2}{2} \right) - \frac{1}{5391} \left(\frac{1799}{5391^2} + 0.41 \cdot 1.2 \right) \cdot \cos(5391 \cdot 1.2) - \frac{1}{5391^2} \left(\frac{1799 \cdot 1.2}{5391} - 0.41 \right) \sin(5391 \cdot 1.2) \right] = 0.006 \text{ мм}$$

Прогин в межах допустимого .

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1.9 Тепловий розрахунок черв'ячного преса

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

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном, N , кВт	7.5;
Продуктивність по полістиролу, G_m , кг/с	7 ;
Початкова температура матеріалу, T_n , К,	293;
Кінцева температура матеріалу, T , К	453;
Температура поверхні кожуха, $T_{кож}$, К	318;
Температура повітря, T_b , К	293;
Ширина теплообмінної поверхні, B , м	0,3;
Довжина теплообмінної поверхні, L , м	2.2;
ККД приводу преса, η_1	0,6;
ККД електродвигуна, η_2	0,9;
ККД перетворення механічної енергії в теплову, η_3	0,78;
Коефіцієнт теплоємності, C кДж/кг К	2;
Ступінь чорноти матеріалу кожуха, E	0.6;

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище,
 α_k , кДж/(м² · год · °С) 3.84.

Тепловий баланс преса:

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

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

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$Q_N = N\eta_1\eta_2\eta_3 = 7 \cdot 0.6 \cdot 0.9 \cdot 0.78 = 10800 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 3 \frac{\text{кДж}}{\text{с}}$$

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

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

де Q_k – втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

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

де F – теплообмінна поверхня екструдера:

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

Кількість тепла, яка йде на охолодження черв'яка:

$$Q_{OX} = C_v \cdot G_v \cdot \Delta t = 4200 \cdot 1.5 \cdot 15 = 94500 \text{ Вт}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

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

T_1 – абсолютна температура кожуха, С;

T_2 – абсолютна температура оточуючого середовища, С;

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{Q_1} = G_m C_m (T_{\text{кож}} - T_{\text{в}}) + Q_{\text{втр}} + Q_{OX} - Q_N = 7 \cdot 2 (453 - 293) + 118.8 + 94500 - 10800 = 86058 \frac{\text{кДж}}{\text{год}} = 24 \text{ кВт}$$

Таким чином, для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 6 індукційних нагрівача потужністю 4 кВт.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1 РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1 Розрахунки в ANSYS

Метод скінченних елементів (МСЕ) є надійним засобом дослідження поведінки конструкцій в умовах різних навантажень і закріплень. А в даний час на ринку програмного забезпечення існує велика кількість комплексів МСЕ, в тому числі ANSYS, NASTRAN, SOLIDWORKS та інші.

Для розрахунку було взято завантажувальний пристрій, з червячної машини. Для того, щоб показати зусилля, які діють на нього і переконатися, що дана деталь витримає задані навантаження. Розрахунки виконані в середовищі ANSYS Workbench з побудованою 3D моделлю в програмному комплексі ANSYS Workbench.

Вихідні дані:

Матеріал головки екструдера – Сталь

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

							Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			

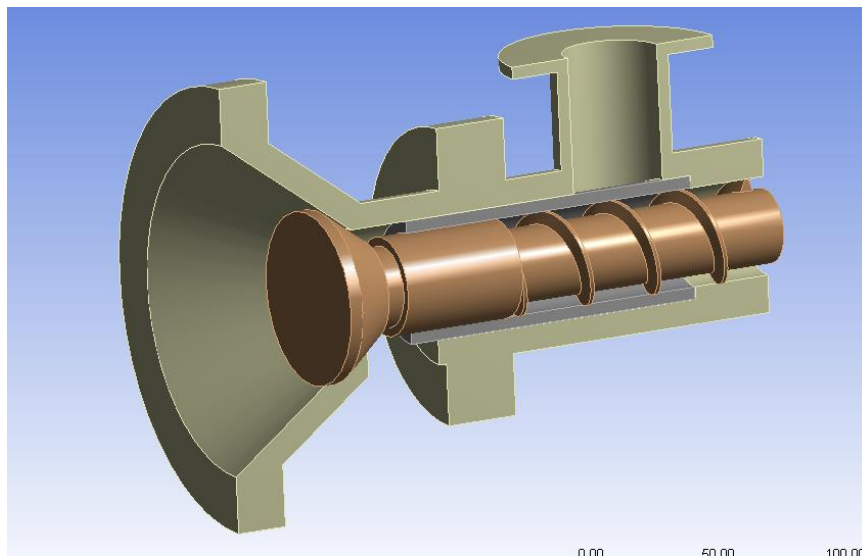


Рис. 2.1 – 3D модель завантажувального пристрою екструдера
Розбиваємо модель на скінченні елементи.

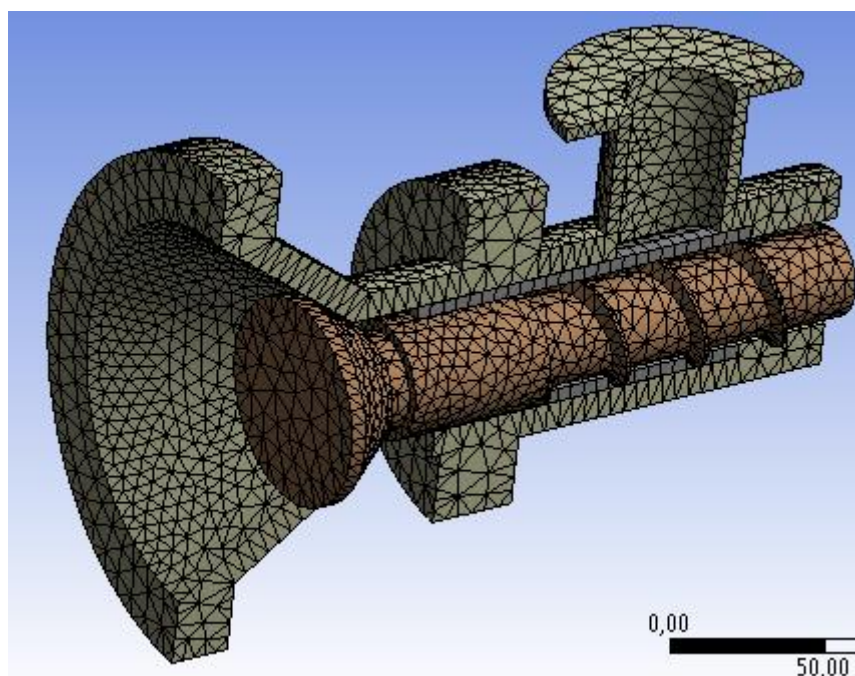


Рис 2.2 – Сітка скінченних елементів деталі

Навантажуюємо нашу деталь у 1.5 Ат

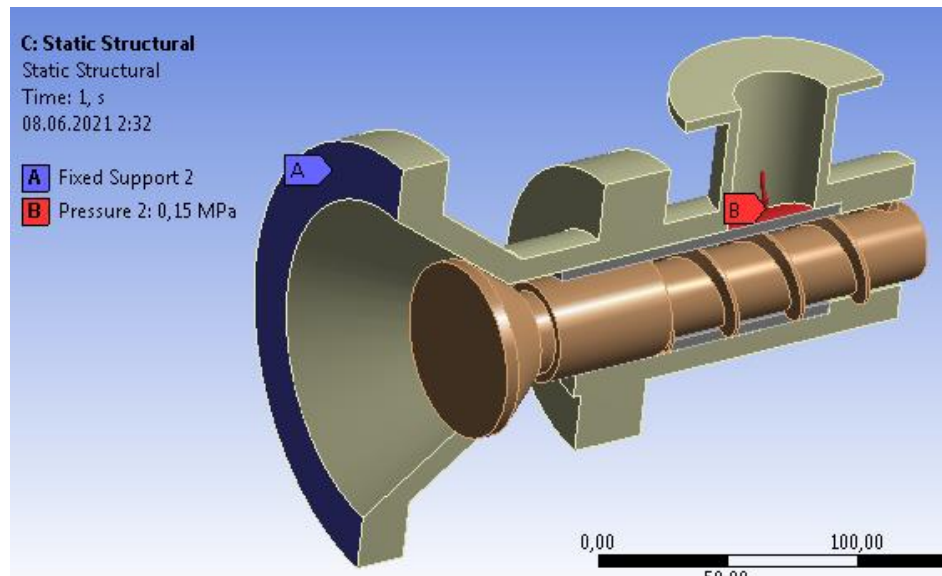


Рис 2.3 – Схема закріплень та навантажень головки

Перевіряємо значення еквівалентних напружень, сумарних переміщень та коефіцієнт запасу міцності.

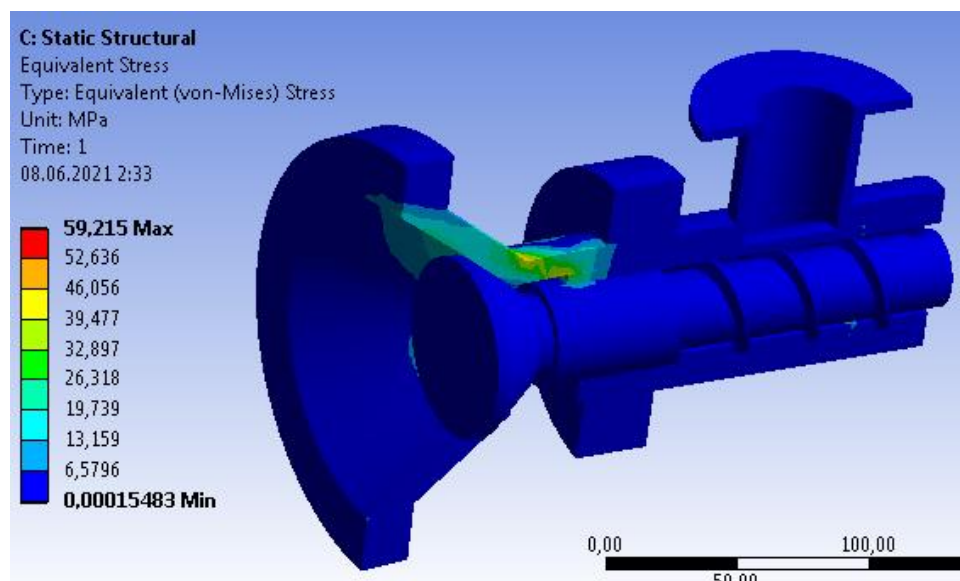
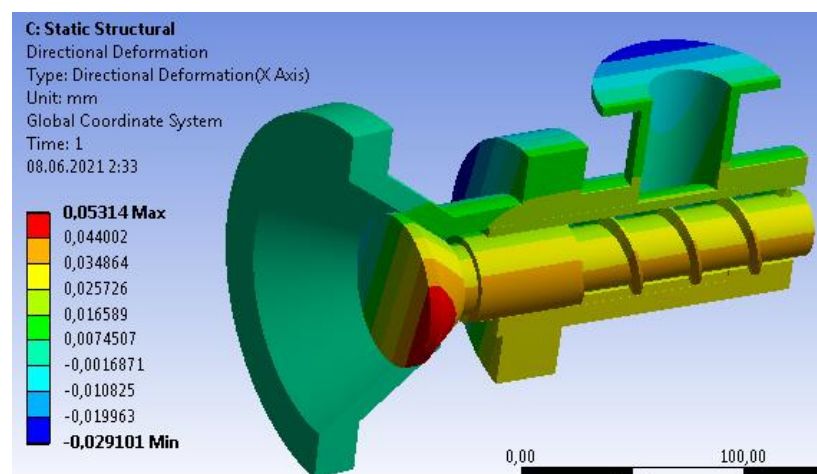
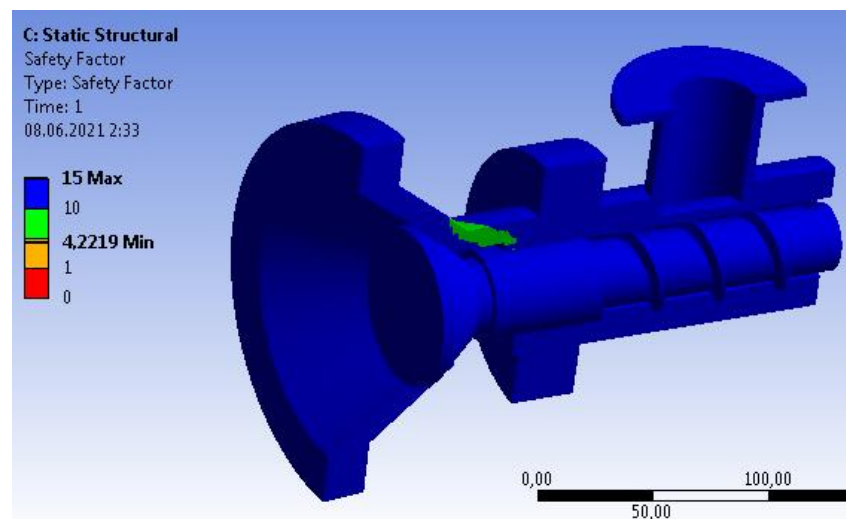
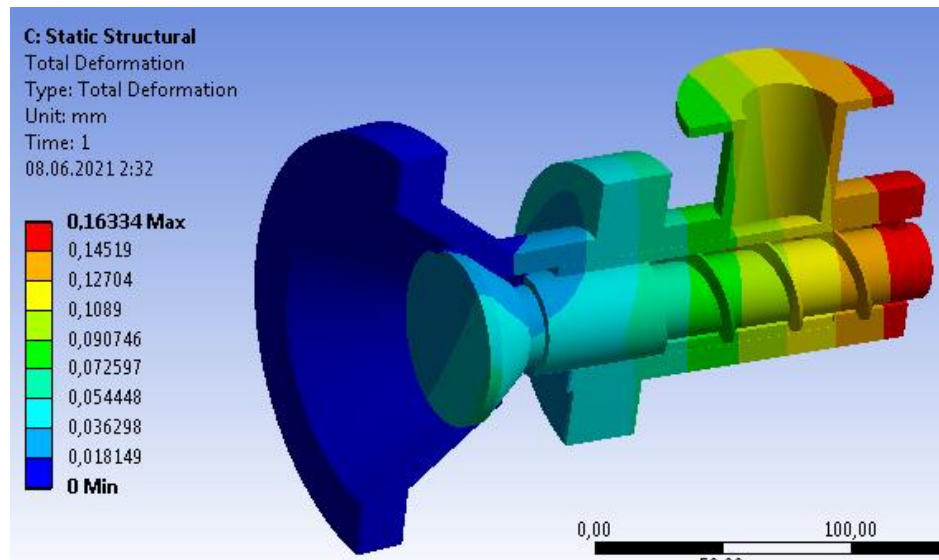


Рис 2.4 – Еквівалентні напруження



						Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Висновки

Перевірили деталь на еквівалентні напруження, деформації і на коефіцієнт запасу міцності. Згідно розрахункам, отримане максимальне значення еквівалентного напруження порівнюючи з допустимим значенням сталі є в діапазоні допустимого $59,2 \text{ МПа} \leq 100 \text{ МПа}$. Також згідно показникам коефіцієнту запасу міцності – 4,22 , умова міцності виконується. Отже деталь є працездатною.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Технологія машинобудування
дипломного проекту
на тему: «Екструзійний агрегат з модернізацією
завантажувального пристрою»

Київ – 2021 рік

Зміст

1. Технологія машинобудування.....	2
1.1. Опис і призначення деталі.....	2
1.2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	4
2 Призначення і розрахунок пристосування для обробки деталі.....	12
2.1 Призначення пристосування для обробки деталі.....	12
2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні.....	12
Висновки.....	15

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат								
Розроб.		Демченко			Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою				Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Сівецький									1	
Реценз.									НТУУ «КПІ», ІХФ,			
Н. Контр.												
Затверд.		Гондляр										

У результаті технологічного контролю креслення ЛП72.05.7242.05.001.СК виявлено наступне:

- на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;
- шорсткість усіх поверхонь деталі вказана відповідно до ГОСТ 2789-73;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі "Фланець" відповідають вимогам, які пред'явлені до шорсткості цих поверхонь.

Деталь виготовляється зі сталі Ст45 (ГОСТ 1050-88). Заготовку для виготовлення деталі (Рис. 3.2) отримуємо методом об'ємної штамповки. Конфігурація штамповки достатньо проста і забезпечує легке отримання заготовки; клас точності і формувальні уклони відповідають вимогам стандартів; залишки облоїв і додатків можна сумістити з припуском на обробку; відходи металу при механічній обробці будуть мінімальні.

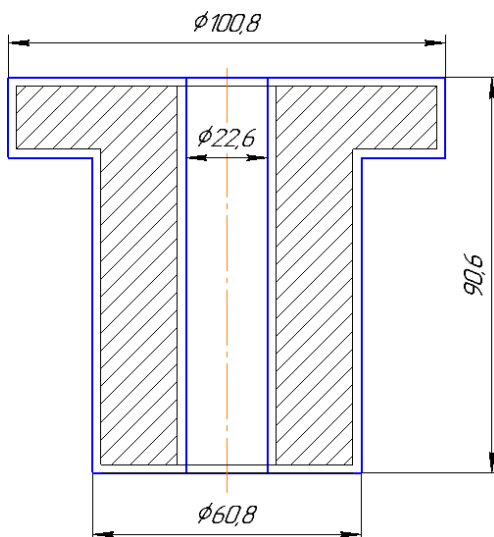


Рисунок 3.2 – Заготовка деталі "Фланець"

Для досягнення високої якості та продуктивності при виготовленні деталі "Фланець" в усіх операціях обробки використаємо спеціальні пристрої з швидкодіючим затисканням заготовок.

Обробку виконуємо стандартним інструментом. Матеріали різальної частини різців – тверді сплави Т15К6 та Т30К4, свердла із швидкорізучої сталі Р6М5.

1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі "Фланець", що був розроблений у процесі виконання дипломного проекту, представлений у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах.

<i>Зм</i>	<i>Ар</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

M01	СТАЛЬ 45 ГОСТ 1050-88	
-----	-----------------------	--

<i>M02</i>		<i>K_e</i>	<i>1</i>					<i>1</i>		
------------	--	----------------------	----------	--	--	--	--	----------	--	--

Б	Код, найменування обладнання	См	Проф.	Р	Уп	Кр	Коод	Он	Оп	Кшт	Тп.з	Т.шт
---	------------------------------	----	-------	---	----	----	------	----	----	-----	------	------

[illegible]

Б05	38261.XXXX	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	18632	3	10	1	1	1	50	1
-----	------------	------------------------------------	-------	---	----	---	---	---	----	---

A07			025	4233	Свердлильна	60141.00002; 20141.00002; 10П№XX-XX
-----	--	--	-----	------	-------------	-------------------------------------

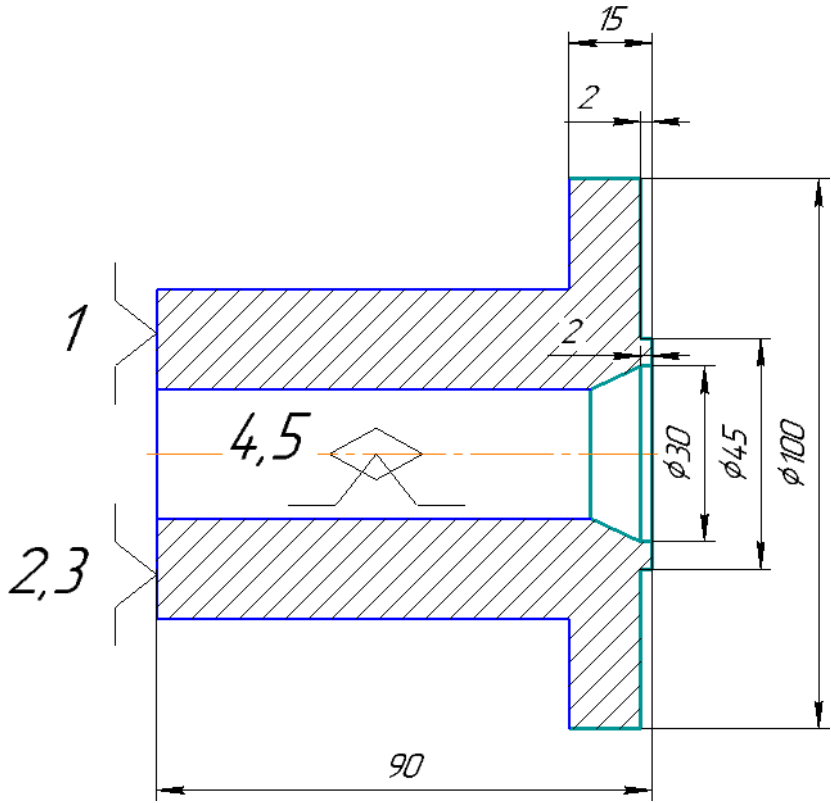
[illegible][illegible][illegible]

МК	Обробка різанням	
----	------------------	--

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

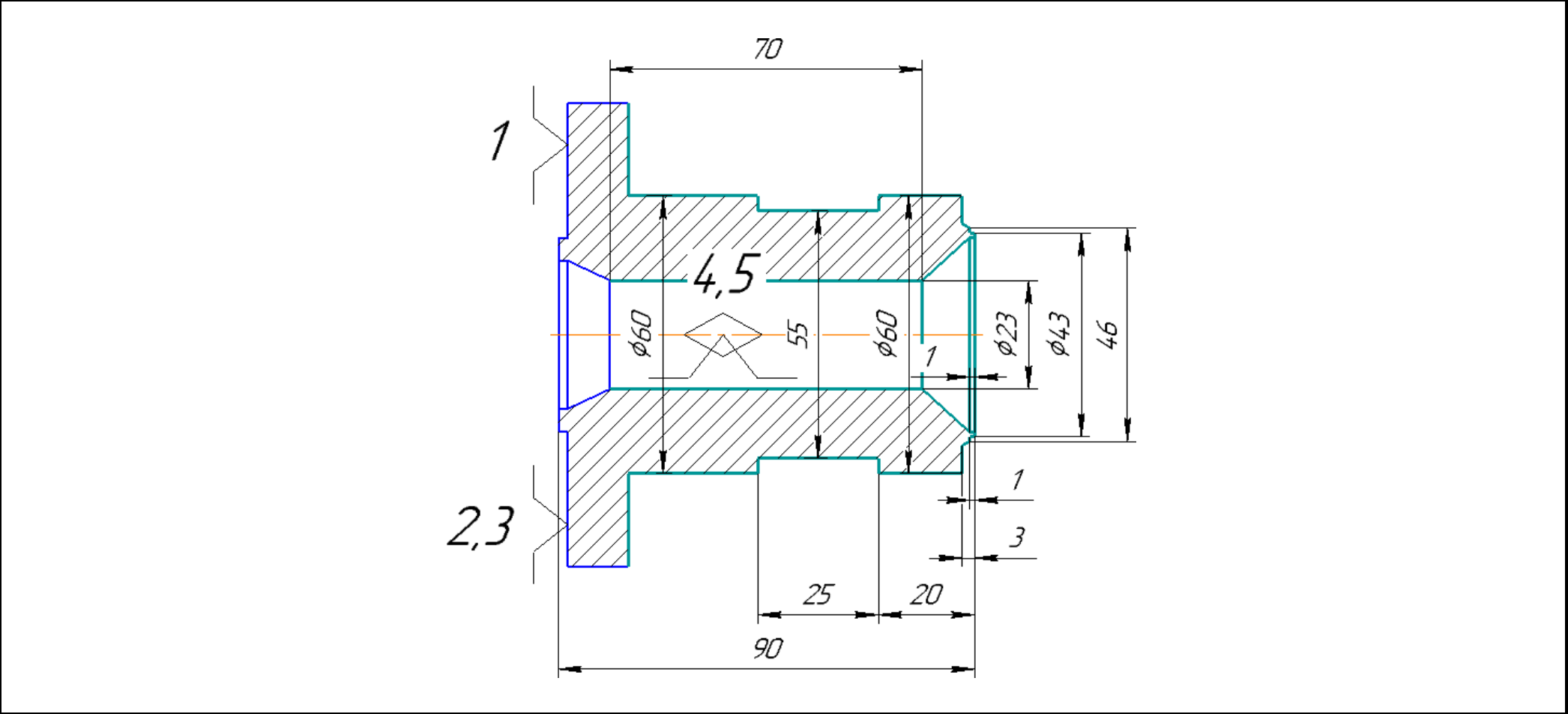
Зм	Ар	№ док.	Підпис	Дата					

Розробив	Демченко			НТУУ "КПІ", ІХФ		005			
Перевірів	Борщик								
				ФЛАНЕЦЬ			Н		
Н. контр.									



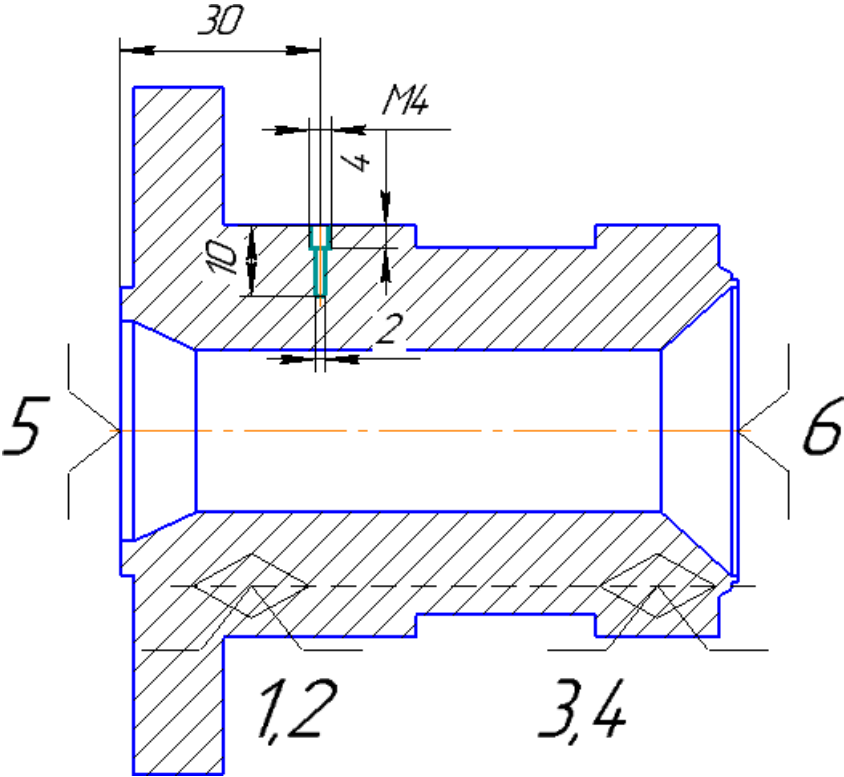
Дубл.										
Взамін.										
Підпис							Зм	Ар	№ док.	Підпис Дата

Розробив	Демченко			НТУУ "КПІ", ІХФ			010			
Перевірів	Борщук									
Н. контр.				ФЛАНЕЦЬ						Н



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

Розробив	Демченко			НТУУ "КПІ", ІХФ			015			
Перевірів	Борщук									
Н. контр.				ФЛАНЕЦЬ						Н



2 Призначення і розрахунок пристосування для обробки деталі

2.1 Призначення пристосування для обробки деталі

Для операцій, що виконуються під час токарної обробки деталі використаємо трикулачковий самоцентруючий патрон [3]. На кресленні ЛП72.05.7242.006.ТМ зображено конструкція патрону, що складається із корпусу 6, кулачків 3, які закріплюються на сухарі 11 за допомогою болтів і переміщуються повзуном 9.

Трьохкулачковий патрон має три кулачка 3, які одночасно сходяться до центру або розходяться від нього. Кулачки забезпечують точне центрування та кріплення симетричних заготовок. При затисканні заготовка притискається торцевою поверхнею до кришки 5.

Токарний самоцентруючий трьохкулачковий патрон призначений для закріплення оброблюваних заготовок на верстатах токарної групи, установка заготовок у трьохкулачкові патрони відбувається при обробці деталей невеликої довжини, порівняно із діаметром.

Трьохкулачкові самоцентруючі патрони отримали широке розповсюдження у виробничій практиці як найбільш зручні і надійні пристрої для закріплення деталей циліндричної форми.

2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні

Для визначення сил закріплення необхідно визначити всі сили, що діють на заготовку (рис.3.3). При точінні вала найбільшого значення набирає сила різання P_z , інші сили мають незначні значення. Сила різання P_z компенсується за допомогою центра. Силу різання P_y компенсувати неможливо. Дія сили (момента від сили) різання P_x компенсується силами закріплення (моментами від сил закріплення) Q .

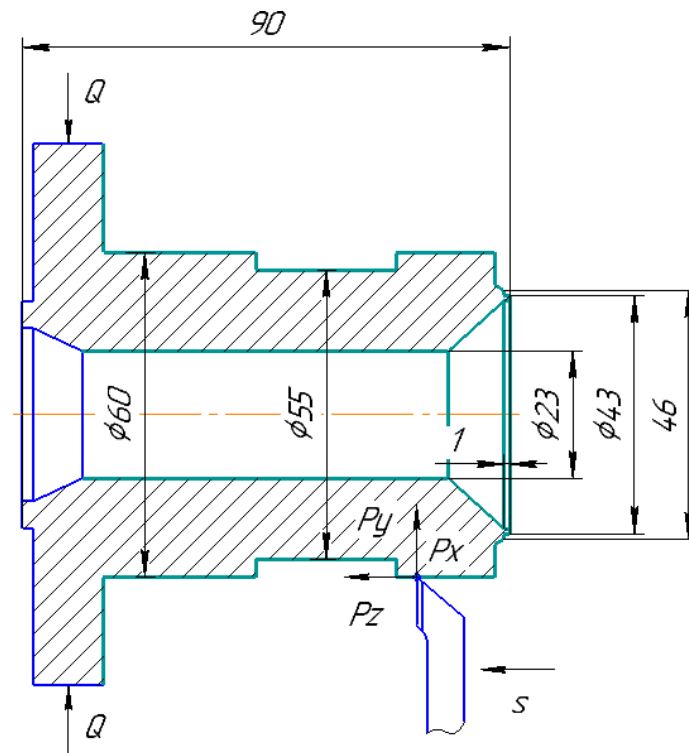


Рисунок 3.3 – Система сил, що діють на деталь у процесі обробки

Знайдемо значення сили закріплення із умови рівноваги моментів:

$$\Sigma M = 0; M_P \cdot M_{тр1} \cdot M_{тр2} = 0,$$

де M_P – момент сили різання, $M_{тр}$ – момент від сил закріплення (тертя).

З цього рівняння знаходимо силу закріплення:

$$Q = \frac{K \cdot M}{f \cdot R + \sin \frac{\alpha}{2}}$$

де f – коефіцієнт тертя, $f = 0,25$;

K – коефіцієнт запасу, що в залежності від конкретних умов виконання технологічної операції визначається за формулою:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

де $k_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях; при чистовій обробці $k_1 = 1,0$;

k_2 - коефіцієнт враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення інструменту; вибираємо залежно від методу обробки і матеріалу заготовки: $k_2 = 1,3$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривистому різанні: для безперервного різання $k_3 = 1,0$;

k_4 - коефіцієнт що характеризує сталість сили, що розвивається затискним механізмом: для механізованих приводів $k_4 = 1,0$;

k_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку немеханізованого затискного механізму (зручність розташування органів затиску і т. д.): для механізованих приводів $k_5 = 1$.

k_6 - вводиться в розрахунок тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути заготовку, встановленої плоскою поверхнею на опори. $k_6 = 1,2$.

У даному випадку коефіцієнт k дорівнює:

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,34.$$

Остаточно, сила закріплення:

$$Q = \frac{2 \cdot 2500}{0,25 \cdot 30 + \frac{0,25 \cdot 30}{\sin \frac{60}{2}}} = 2222 \text{ H}$$

Для надійного закріплення деталі необхідно, щоб сила закріплення була не менша, ніж знайдене значення. Приймаємо силу закріплення $Q = 2,3 \text{ кН}$

ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення Фланця було виконано наступне:

- розглянуто службове призначення фланця та його конструктивні особливості;
 - проаналізовано технологічність фланця та його заготовки;
 - вибрано спосіб виготовлення заготовки і розроблено її ескіз;
 - розроблено маршрут виготовлення фланця;
 - заповнено маршрутні і операційні карти з ескізами.
- було підібрано пристосування для виготовлення фланця та виконаний розрахунок закріплення.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Загальні висновки

Виконано дипломний проект на тему «Екструзійний агрегат з модернізацією завантажувального пристрою», метою якого було вивчення конструкції, призначення та принципу роботи екструдера для проведення його модернізації.

Принцип роботи екструдера розглянуто на прикладі його використання в технологічній лінії виробництва труб з поліетилену низького тиску. Було проведено аналіз технологічних характеристик та параметрів роботи екструзійного агрегату, в ході якого визначено переваги та недоліки машини під час її експлуатації. Визначено, що під час роботи виникає складність регулювання подачі сировини. Крім того, при екструзії виробі мають деякий відсоток браку який обумовлений відсутністю контролю дозування гранулянту.

Для вирішення цього недоліку проведено літературно-патентний огляд та обрано патент №106115, на основі якого запропоновано модернізацію завантажувального пристрою. Дане рішення забезпечує поліпшення умов регулювання подачі сировини в зону завантаження екструдера і зменшення відсотку браку за рахунок саморегульованої подачі грануляту .

Розроблено розділ «Охорона праці» проаналізовано шкідливі фактори та небезпеки для життя та здоров'я персоналу під час експлуатації екструдера та визначено шляхи їх усунення.

Проаналізовано механіко-економічні показники, що підтверджують ефективність та доцільність обраної модернізації, а саме збільшення продуктивності за рахунок зменшення відсотку браку у готовому виробі.

Виконано ряд розрахунків екструдера, які підтверджують працездатність обраної модернізації. В системі ANSYS виконано розрахунок на міцність модернізованої головки екструдера. Згідно результатів розрахунків модернізований завантажувальний пристрій витримує максмальний тиск в 59 МПа, на що вказує коефіцієнт запасу міцності, який дорівнює 4,2.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

У розділі «Технологія машинобудування» розроблено технологічний процес виготовлення фланця, під час якого розроблено операційні та маршрутні карти та карти ескізів процесу, де підібрано обладнання та металорізальні верстати для його виготовлення.

Розглянуто призначення фланця, його конструктивні особливості. Обрано пристосування для виконання однієї з операцій виготовлення фланця, а саме токарний трьохкулачковий самоцентруючий патрон призначений для закріплення оброблюваних заготовок на верстатах токарної групи. Розраховано сили закріплення. За темою дипломного проекту підготовано та опубліковано тези.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Перелік посилань

1. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей / М., : Машиностроение, 1965. 362с.
2. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Учеб. для вузов. – М.Химия, 1986, с.488.
3. Справочник: теплофизические и реологические характеристики термопластов.
4. Сівецький В.І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів/ К.-Політехніка,202, с.150
5. Україна, патент UA 106115 U, МПК В29С 47/10 (2006.01) Сівецький Володимир Іванович; Куриленко Валерій Миколайович; Сокольський Олександр Леонідович; Запорожець Олександр Юрійович; Ігнатенко Сергій Сергійович u201511891 заявл.-01.12.2015, опубл.-11.04.2016
- 6.Україна, патент UA 33519 U, МПК В30В 9/12 (2006.01), Литвин Володимир Павлович; Бігвава Віталій Антонович; Лотов Вячеслав Олександрович, u200802433,заявл.- 25.02.2008, опубл.-25.06.2008
7. Україна, патент UA 3682 U, МПК В30В 9/14 (2006.01), Левченко Володимир Васильович; 4916157/SU,заявл.- 04.03.1991, опубл.-27.12.1994
8. Україна, патент UA 49070 U, МПК В29С 47/38 (2006.01), Лизогубенко Андрій Анатолійович; Сідоров Дмитро Едуардович, u200912192,заявл.- 26.11.2009, опубл.-12.04.2010
9. Україна, патент UA 120674 U, МПК В29В 7/32 (2006.01), Сівецький Володимир Іванович; Сідоров Дмитро Едуардович; Івіцький Ігор Ігорович; Турбал Максим Петрович; Сокольський Олександр Леонідович, u201705681, заявл.- 09.06.2017, опубл.-10.11.2017
10. Україна, патент UA 120679 U, МПК В29С 47/36 (2006.01), Сівецький Володимир Іванович; Івіцький Ігор Ігорович; Зарудний Михайло Володимирович

; Сокольський Олександр Леонідович; Чемерис Андрій Олегович, u201705695, заяв.- 09.06.2017, опубл.-10.11.2017

11. Україна, патент UA 7466 U, МПК В28В 3/26 (2006.01), Зверлін Валерій Григорович; Петухов Аркадій Дем'янович; Ануфрієв Валерій Олександрович; Симоненко Георгій Миколайович; Ножненко Анатолій Федорович; Ковалик Леонід Станіславович, 3485813/SU, заяв.- 27.08.1982, опубл.-29.09.1995

12. Україна, патент UA 16817 U, МПК В29С 47/14 (2006.01), Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович; Погодаєв Костянтин Сергійович, u200603175 заявл.-15.08.2006, опубл.-15.08.2006.

13. Україна, патент UA 25417 U, МПК В29С 47/14 (2006.01), Сівецький Володимир Іванович; Сокольський Олександр Леонідович ; Півненко Сергій Васильович, u200703007, заяв.- 22.03.2007, опубл.-10.08.2007

14. Україна, патент UA 60882 U, МПК В29D 7/00 (2011.01), Свідерський Валентин Анатолійович; Петухов Аркадій Дем'янович; Колосов Олександр Євгенович; Осьмаков Олег Григорович; Біль Вікторія Анатоліївна; Петухов Микола Аркадійович, u201100332, заяв.-25.06.2011, опубл.-12.01.2011

15. Україна, патент UA 1028 U, МПК В29С 47/10 (2006.01), Згуровський Юрій Федорович; Корнієнко Ярослав Микитович; Мікульонок Ігор Олегович; Ружинська Людмила Іванівна, заяв.- 12.01.2001, опубл.-15.08.2001

16. Щербина В.Ю., Методологія проектування. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. – 77 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25673>

17.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.: Машино- строение, 1986. – 656 с.

18. 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.: Машино- строение, 1985. – 496 с.

19. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникумов. М., "Высш. школа",1974. - 263с.

					ЛП72.05.7242.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

20. 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.

21. Сокольський О.Л., Дагдій В.М.. "Моделювання процесу видуву ПЕТ-тари із преформ". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2018. N 1. С. 60-65. DOI: 10.20535/2306-1626.1.2018.143381.

22. Shcherbina V., Shvachko D., Borshchik S. Heat exchange simulation in energy zones of a rotarykiln with change of heat resistance of the body. Technology audit and production reserves 2019. №6/1(50). pp. 36-41. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.189169>

23. Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Олексишен В.О.. "Моделювання течії розплавів полімерів за наявності низьков'язкого пристінного шару". Вісник НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського". Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2019. N 1. С. 35-40. DOI: 10.20535/2617-9741.1.2019.171033.

Додатки

Модернізація завантажувальної секції одночерв'ячного екструдера

Демченко К.О., студент, Сівецький В.І., к.т.н., професор

Національний технічний університет України

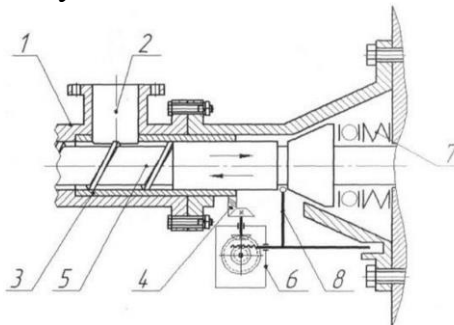
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропонована конструкція допомагає регулювати кількість завантажуваного матеріалу і таким чином досягається стабілізація процесу екструзії на виході

В якості базової конструкції розглядається завантажувальна секція одночерв'ячного екструдера [1] якій властива безконтрольна подача гранулянту і як наслідок можливість отримання бракованої продукції.

З метою модернізації даної конструкції проведено огляд патентів.

В якості базової конструкції прийнято рішення запропоноване в патенті [2] представлене на малюнку :



В процесі роботи екструдера матеріал із отвору 2 потрапляє в гвинтовий канал зони завантаження черв'яка 5, де захоплюється його витками і транспортується до наступних технологічних зон машини. При збільшенні протитиску в цих зонах, під дією черв'яка 5, тарілчаста пружина 7 стискається, при цьому черв'як 5 переміщує важіль 8, приводячи в дію механізм регулювання обертового переміщення 6, який, в свою чергу, передає обертовий рух через зубчастий сегмент 4 на знімну втулку 3. Внаслідок цього зменшується прохідний переріз завантажувального отвору 2. При зменшенні прохідного перерізу знижується протитиск і величина осьового зусилля на черв'як 5. Під дією стиснутої тарілчастої пружини 7, черв'як 5 відходить у початкове положення, знімна втулка 3 при цьому обертається в іншому напрямку і таким чином регулює кількість матеріалу, що подається до машини.

Використання запропонованого удосконалення завантажувальної секції одночерв'ячного екструдера забезпечує стабілізація процесу екструзії, що сприяє покращенню якості полімерних виробів.

ЛІТЕРАТУРА

- 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, с.488.
2. Україна, патент UA 106115 U, МПК B29C 47/10, опубл. 11.04.2016