

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

До захисту допущено

Завідувач кафедри

_____ **О.Л. Сокольський**

«_____» _____ 2023 р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 133 - *галузеве машинобудування*

на тему: Екструзійний агрегат з модернізацією головки

Виконав студент *IV к., ЛП-91*

(шифр групи)

Руденко Микола Андрійович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник

професор, к.т.н., Сівецький Володимир Іванович

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти з розділів:

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 (-ка) _____

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**

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Руденко Микола Андрійович

(П.І.Б.)

1. Тема проекту: Екструзійний агрегат з модернізацією головки валка
керівник проекту: професор, к.т.н., Сівецький Володимир Іванович
затверджена наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Строк подання студентом проекту «___» _____ 20__ р
3. Об'єкт дослідження: _____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити): Вступ, Призначення та опис екструзійного агрегату, Опис лінії для виготовлення листових виробів, Опис конструкції екструдера, Технічна характеристика машини, Літературний та патентний огляд, Розрахунки елементів базової конструкції, Список використаної літератури, Додатки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____
1. Технологічна схема виробництва листового профілю ЛП91.127255.000-70ТС
2. Екструзійний агрегат з модернізацією головки ЛП91.12133.001-703В

3. Формуюча головка екструдера ЛП91.12133.002-703В

4. Черв'як ЛП91.12133.003-703В

5. Черв'як модернізований зі змішувачем ЛП91.12133.004-703В

6. Загрузочна воронка ЛП91.12133.005-703В

7. Результати розрахунків ЛП91.12133.006-70

8. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Модернізація	Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	Борщик С.О.		
Охорона праці	Ковтун А.І.		

9. Дата видачі завдання 23.05.23 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Призначення і галузь застосування каландра Г-подібного	23.05.23-24.05.23	
2	Розробка креслення каландра. Його технічна характеристика	25.05.23-26.05.23	
3	Літературно-патентний пошук	27.05.23-28.05.23	
4	Розрахунки параметричні, теплові та на міцність основної модернізації	29.05.23-30.05.23	
5	Розробка креслень базового та модернізованого вузла	31.05.23-01.06.23	
6	Розроблення розділу «Охорона праці»	02.06.23-03.06.23	
7	Створення розділу «Монтаж та експлуатація»	04.06.23-05.06.23	
8	Створення розрахункової моделі в Ansys	06.06.23-07.06.23	
9	Створення плакатів з р-тами розрахунку	08.06.23-09.06.23	
10	Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки	10.06.23-11.06.23	
11	Оформлення записки і креслень	12.06.23-14.06.23	

Студент

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(підпис)

М.А. Руденко

(ініціали, прізвище)

В.І. Сівецький

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

Реферат з ключовими словами (українська мова)	1
Реферат з ключовими словами (іноземна мова)	1
Перелік позначень	1
I Пояснювальна записка (ЛП91.12133.001-70ПЗ).....	28
II Розрахунки (ЛП91.12133.002-70РР)	23
III Технологія машинобудування (ЛП91.12133.003-70ТЕ).....	21
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	3
ДОДАТКИ.....	1
Додаток А. Тези.....	1
Додаток Б. Технологічна схема виробництва листового профілю .1	
Додаток В. Екструзійний агрегат з модернізацією головки.....1	
Додаток Г. Формуюча головка екструдера	1
Додаток Д. Черв'як	1
Додаток Е. Черв'як модернізований зі змішучем	1
Додаток Є. Загрузочна воронка	1
Додаток Ж. Результати розрахунків.....	1

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Руденко М.А.				Екструзійний агрегат з модернізацією головки	Літ.	Арк.
Керівник	Сівецький В.І.						80
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91	
Н. Контр.							
Затверд.	Сокольський О.Л.						

РЕФЕРАТ

Створено проект бакалаврської дипломної роботи на тему «Екструзійний агрегат з модернізацією головки».

Метою даного проекту є модернізація системи регулювання зазору та перехрещення валків. Дипломний проект містить графічну частину, а також розділи, такі як: "Пояснювальна записка", "Розрахунки" та "Технологія машинобудування". Пояснювальна записка складається з трьох розділів, вступу, списку використаної літератури та висновків. Загальний обсяг роботи - 80 сторінок, 25 рисунків, 3 таблиць, 23 найменувань використаних джерел. Графічна частина містить 5 креслень.

Дипломний проект включає опис технологічної процедури створення транспортерної стрічки, в якій використовується Г-подібний каландр. Досліджено його функції та позиціонування в технологічній схемі.

В роботі наведено технічні характеристики, проаналізовано конструкцію та принцип роботи формуючої головки екструдера, виконано параметричні, кінематичні та міцнісні розрахунки базових конструктивних елементів головки, які свідчать про її ефективність та надійність конструкції в цілому.

Для визначення оптимального напрямку модернізації формуючої головки екструдера, було проведено літературний та патентний пошук. В рамках модернізації було встановлення дозувально-завантажувального пристрою, що за рахунок встановлення пристрою з'являється можливість вводити інтелектуальні датчики та розмітку на вихідному матеріалі.

Бакалаврська дипломна робота містить рекомендації щодо монтажу та експлуатації пристрою до виготовлення корпусу підшипника.

Ключові слова: ТРАНСПОРТЕРНА СТРІЧКА, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ, ФОРМУЮЧА ГОЛОВКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗРАХУНКИ, ЕКСТРУДЕР.

ABSTRACT

A project of a bachelor's thesis on the topic "Extrusion unit with head modernization" has been created.

The method of this project is the modernization of the gap regulation system and the crossing of rolls. The diploma project contains a graphic part, as well as sections such as: "Explanatory note", "Calculations" and "Mechanical engineering technology". The explanatory note consists of three sections, an introduction, a list of used literature and conclusions. The total volume of work is 80 pages, 25 figures, 3 tables, 23 names of used sources. The graphic part contains 5 drawings.

The diploma project includes a description of the technological procedure for creating a conveyor belt that uses an L-shaped calender. Its function and positioning in the technological scheme have been studied.

The work provides technical characteristics, analyzes the design and principle of operation of the forming head of the extruder, performs parametric, kinematic and strength calculations of the basic structural elements of the head, which testify to its efficiency and reliability of the structure as a whole.

To determine the optimal direction of modernization of the extruder head formation, a literature and patent search was conducted. As part of the modernization, a dosing and loading device was installed, which makes it possible to introduce intelligent sensors and markings on the source material due to the installed device.

The bachelor's thesis contains recommendations for the installation and operation of the device for the manufacture of the bearing housing.

Keywords: CONVEYOR BELT, TECHNOLOGICAL LINE, FORMING HEAD, MODERNIZATION, CALCULATIONS, EXTRUDER.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

E – модуль пружності, Па;
 D – зовнішній діаметр, м;
 N – потужність, кВт;
 L – довжина пружини, м;
 R_B – радіус бочки валка м;
 P – навантаження, Н;
 $R_{ПВ}$ – радіус порожнини бочки валка м;
 S – площа поперечного перерізу, м² ;
 V_B – швидкість тихохідного валка, м/с,
 Q – величина розподіленого навантаження, Н/м;
 n – частота обертання, об/хв;
 m – маса валка кг;
 d – внутрішній діаметр, м;
 $M_{кр}$ – крутний момент, кН·м;
 r_1 – радіус внутрішньої поверхні валка, м;
 r_2 – радіус зовнішньої поверхні валка, м;
 M_{max} – максимальний момент, Н·м;
 Π – продуктивність, т/год;
 ρ – густина кг/м³ ;
 T – температура, °С;
 p – тиск, Па;
 c_{pn} – питома масова теплоємність, Вт/(м·К);
 ϕ – коефіцієнт фрикції в міжвалковому проміжку;
 σ – напруження, Па;
 η – коефіцієнт корисної дії;
 μ – коефіцієнт Пуассона;
 λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);
 ККД – коефіцієнт корисної дії.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

І РОЗДІЛ «ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «ЕКСТРУЗІЙНИЙ АГРЕГАТ З
МОРЕДНІЗАЦІЄЮ ГОЛОВКИ»

Київ – 2023 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1. Призначення та опис екструзійного агрегату	3
1.1 Опис лінії для виготовлення листових виробів	3
1.2 Опис конструкції екструдера.....	5
1.3 Технічна характеристика машини.....	7
2. Літературний та патентний огляд	9
3. Охорона праці.....	21
3.1 Заходи захисту від небезпечних і шкідливих виробничих факторів	21
3.2 Характеристика потенційно шкідливих та ризикованих виробничих чинників	22
3.3 Повітря робочої зони	22
3.4 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур	24
3.5 Виробничий шум.....	24
3.6 Небезпека впливу елементів що рухаються і обертових частин....	25
3.7 Пожежна безпека	26
3.8 Системи, що працюють під тиском.....	27

					ЛП91.12133.001-70ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Руденко М.А.				Екструзійний агрегат з модернізацією головки		
Керівник	Сівецький В.І.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Сокольський О.Л.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	27
					КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91		

Вступ

Сучасне життя немислиме без виробів із пластику. Антипригарні покриття (покриття для телефонів), каналізаційні та водопровідні труби, електричні, одяг та електронні вироби тощо. З кожним роком кількість нових полімерів збільшується, як і їх застосування.

Перевагами переважної кількості полімерних виробів є доступність і довгий термін експлуатації. Деякі полімери мають більшу міцність, термін експлуатації і інші властивості, ніж буденні матеріали (скло, кераміка, метал, дерево). Механізми, які колись використовували металеві деталі, зараз замінюються полімерними компонентами.

Одним з багатьох методів виготовлення полімерів є екструзія (лат. extrusio "видавлювати", "видавлювання") - це процес виробництва продукту шляхом продавлювання матеріалу через ряди матриць або формувальні отвори матриці.

Екструзійний прес - це машина для виготовлення пластичних матеріалів шляхом видавлювання їх через формувальний інструмент, який називається екструзійною головкою.

Метою бакалаврської роботи є систематизація знань та аналіз конструкції черв'ячного преса.

Бакалаврська робота спирається на досвід, отриманий під час навчання в наступних областях виробниче обладнання для будівельних, технічні основи машинобудування і полімерних виробів та інші спеціалізовані теми.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	.Арк	№ докум.	Підпис	Дат		2

1. Призначення та опис екструзійного агрегату

1.1.Опис лінії для виготовлення листових виробів

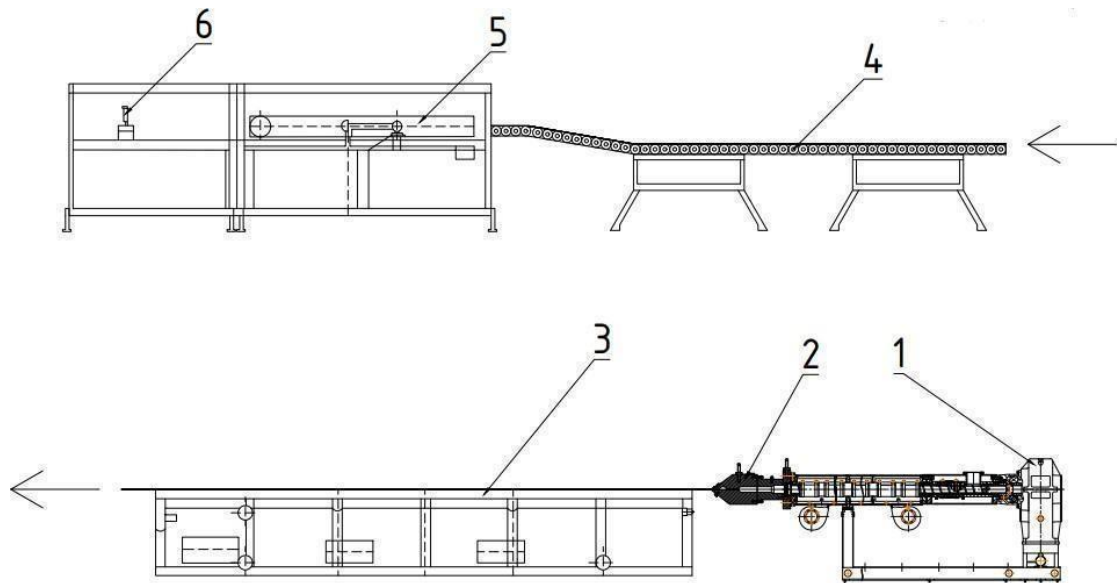


Рис 1.1 – Лінія виробництва.

1 – Черв'ячний прес 45×25 , 2 – Формуюча головка, 3 – Вакуумний калібрувальний стіл, 4 – Охолоджуючий конвеєр, 5 – Тягнучий пристрій, 6 – Ріжучий пристрій.

Прес-черв'як ЧП 45x25 використовується для переробки гранульованих термопластів в однорідний розплав, який рівномірно видавлюється з головки трубки. Прес складається з циліндричного товстостінного корпусу з обертовим черв'яком. Корпус має електричний нагрівач, який нагріває циліндр. Черв'як має осьовий отвір, через який подається охолоджуюча вода. Для запобігання перегріву корпусу екструдера встановлений додатковий вентилятор для подачі повітря в зону нагріву. Привід черв'ячного шнека обертається за допомогою двигуна постійного струму, клинопасової передачі і планетарного редуктора.

Вакуумний калібрувальний стіл використовується для охолодження та сортування продуктів. Корпус столу має можливість вертикального і горизонтального переміщення від головки до центру своєї осі. Вертикальне переміщення досягається за рахунок регулювання положення осі коліс відносно шасі.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		3

Бічне переміщення ванни здійснюється за рахунок бічного зміщення осі колеса. Крім перерахованих вище компонентів, стіл оснащений напірним, зливним і вакуумним трубопроводами, переливними форсунками і датчиками вакууму. Для управління електроприводом на корпусі столу розміщені локальні точки управління.

Охолоджуючий конвеєр охолоджується за рахунок конвекції. Складається з двигуна, який приводить в рух систему роликів, що забезпечує передачу продукту.

Тягова машина складається з основи, верхнього ходу, нижнього ходу, тягового ланцюга, нижнього ходу намотування, гвинта верхнього ходу, панелі управління та напрямних роликів. Привід тягового ланцюга складається з електродвигуна, муфти, черв'ячного редуктора, вертикального вала і конічної пари шестерень для передачі обертального руху на ланцюгову рейку.

Ріжучий пристрій використовується для різання полімерних труб на задані довжини і встановлюється на лінію після буксирування машини.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
						4
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

1.2.Опис конструкції екструдера.

Для виробництва різних виробів з поліетилену низького тиску найчастіше використовують шнекові екструдери різних конструкцій.

Принцип роботи даних екструдерів схожий на знайомі нам шнекові м'ясорубки. Екструдери даного типу можуть мати один або декілька шнеків, що працюють в загальному або реверсивному напрямку.

За основу технічного процесу виробництва листового ПЕНТ є екструзія, тобто прошовування розплавленого матеріалу в отвір під тиском для формування вихідного продукту.

Така технологія виробництва зазвичай складається з гомогенізації, контрольованого плавлення та пластифікації полімерного матеріалу в екструдері. Потім кінцевий продукт формується за допомогою робочої головки екструдера та охолоджується для фінальної обрізки.

Виробництво листової продукції з ПЕНТ починається з подачі гранульованої сировини в приймальний бункер, звідки вона потрапляє на робочий вал, оснащений нагрівальними елементами.

Рухаючись із зони завантаження, сировина послідовно транспортується до гарячої секції циліндра. Для нашого виробництва ми маємо обрали прес з діаметром шнека 45 мм і співвідношенням робочої довжини до діаметра 25. Ось як працює екструдер.

Перероблюваний термопластичний матеріал видавлюється черв'яком по простору корпусу в напрямку до ущільнювального елемента, де він поступово нагрівається і стискається.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
						5
Зм	.Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

Враховавши, що ущільнювальні елементи перешкоджають подальшому просуванню матеріалу по черв'яку в порожнині обсадної труби, матеріал виштовхується з секції обсадної труби під надлишковим тиском з вхідного каналу в нафтопровід, у вихідний канал і з цього вихідного каналу в порожнину обсадної труби в районі дегазаційного отвору за рахунок перепаду тиску розплавленого термопластичного матеріалу в нафтопровід, а газоподібні речовини, що виділяються з матеріалу, виводяться через цей отвір.

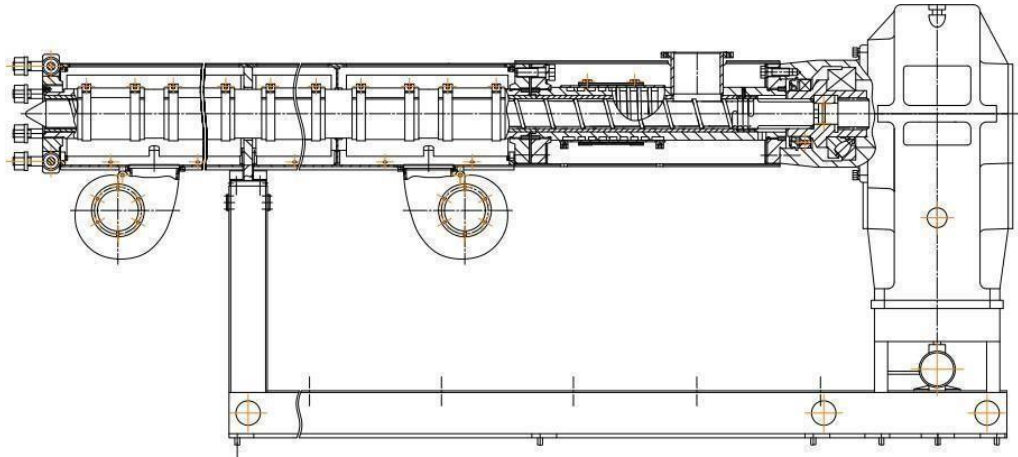


Рис 1.2 – Креслення екструзійного агрегату

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ		Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат			6

1.3. Технічна характеристика машини

Технічні характеристики товару - це коротка інформація, яка використовується для порівняння зразків з аналогічними товарами, а також для вибору та обґрунтування обраного товару. Основні параметри екструдера 45x25 наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики преса ЧП45x25

Найменування параметру	Значення параметру
Продуктивність, кг/год.	20...30
Встановлена потужність електрообладнання, кВт: Вентиляторів Електродвигуна	 6 7,5
Енергозабезпечення: Електрозабезпечення частота, Гц напруга, В стиснене повітря, згідно з тиск, МПа ГОСТ 17433-80 об'ємна витрата стисненого повітря за температури $t=293\text{ K}$, м ³ /с	 мережа трифазного струму 50 380-220 7-9 клас забруднення 0,0017 0,3-0,6
Частота обертання черв'яка, об/хв.	120

Продовження таблиці 1.1

Найменування параметру	Значення параметру
Габаритні розміри,мм :	
Довжина	1850
Ширина	1200
висота	1600
Маса,кг, не більше	2500

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	.Арк	№ докум.	Підпис	Дат		8

2. Літературний та патентний огляд

В матеріалах [1, 2] представлені типові конструкції формуючих головок для екструзійного обладнання.

Недоліками цих конструкцій є низька ефективність, нерівномірність розподілу та необхідність додаткового джерела живлення. Для вдосконалення базової конструкції пристрою розглянемо ідеї, викладені в роботах [3-13], і побудуємо на їх основі наступну конструкцію.

У патентному документі [3] вирішується одна з задач модернізації формуючої головки, тобто стабілізації перепаду тиску головки шляхом автоматичного регулювання витрати витяжного каналу при зміні технічних параметрів.

Поставлена нами задача досягається тим, що формуюча головка з регульованим перепадом тиску має корпус і закріплену за допомогою порожнистого тримача прес-форму, прес-форма має сегментну ділянку, що охоплює пружний елемент, пружний елемент прес-форми деформує сегментну ділянку, поперечний переріз розтяжного проточного каналу прес-форми з автоматично регульованою конічною поверхнею прес-форми створює з корпусом головки кільцевий проточний канал, гідравлічний опір якого змінюється за допомоги гнучкої хвильової оболонки при деформації мембрани.

Дана головка складається з корпусу 1 прес-форми, вставленої в нього за допомогою порожнистого тримача 2 та фільтри 3. Корпус форми має еластичний елемент 4, що має відкриваючу канавку 5 яка може змінювати довжину. Сегментні сектори 6, який охоплює пружні елементи 4, деформуються під час радіального переміщення штока 7 у порожнистому тримачі під дією зусиль, що створюються гідроциліндром системи керування. Конічна поверхня 8 разом з гнучкою хвильовою оболонкою утворює 10, зафіксовану в корпусі головки, утворює конічний круговий витяжний канал.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
						9
Зм	.Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

Внутрішній запірний зазор 9 між гнучкою оболонкою і мембраною 11 знаходиться під дією зусиль від штока гідроциліндра. Датчики тиску вказані стрілками Д1 і Д2.

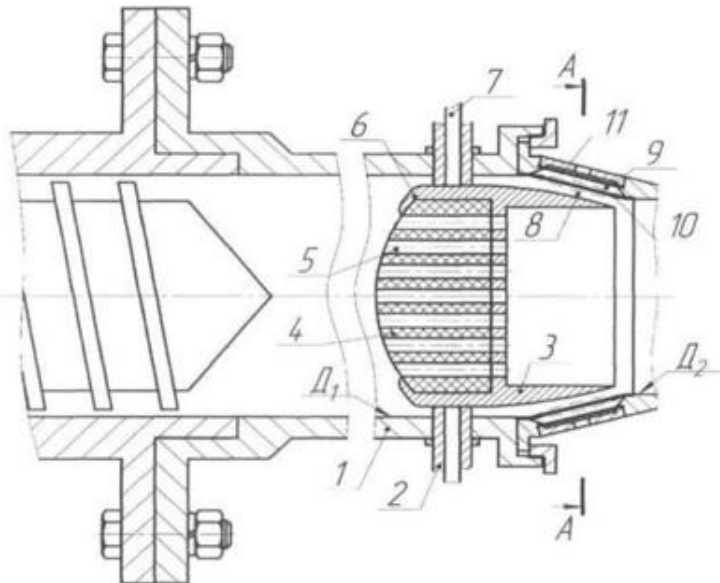


Рис.2.1 – Розріз каналу формуючої головки.

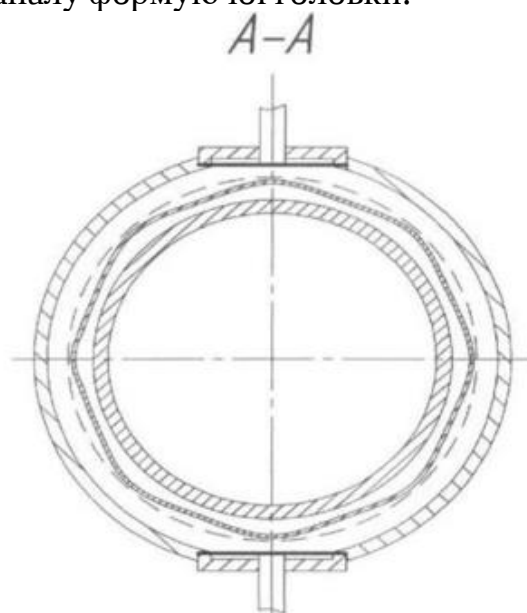


Рис.2.2 – Розріз головки.

Автор патенту [4] має намір розробити формувальну головку, яка дозволить виготовляти високоякісні вироби зі спіненого поліетилену без наявності внутрішніх порожнин.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		10

Для вирішення цієї проблеми було застосовано метод, який полягає у виконанні центрального отвору та отворів в оправці формувальної головки. На кресленнях показана формувальна головка екструдера, яка складається з корпусу (1), проміжної матриці (2), прес-форм (3), сітки (4) і оправки (5). Оправка розташована всередині форми і дозволяє розділити потік розплаву на два напрямки: перший потік протікає зовні між формою і оправкою, тоді як другий потік протікає всередині через центральний отвір оправки. При виході з форми потоки знову об'єднуються безпосередньо на виході з головки.

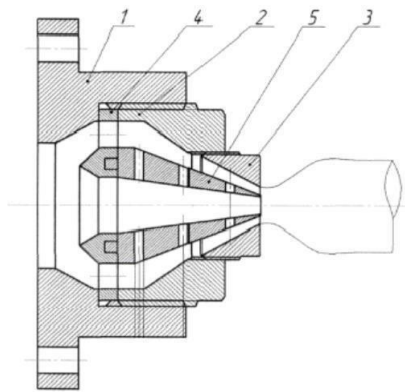


Рис.2.3 – Формуюча головка для екструдера.

В патенті [5] розв'язується проблема підвищення якості виробів шляхом зменшення зсувних деформацій. Екструзійна плоскощільна головка складається з роз'ємного корпусу, який має вихідний (1) і вхідний (2) отвори, і складається з з'єднаних боковинами (3) верхньої (5) та нижньої (4) плит. Вони змонтовані таким чином, що утворюється розподільний канал (6) і компенсуюча ділянка (7). У розподільному каналі (6) на верхній плиті (5) є виступи (8), а на поверхні нижньої плити (4) є впадини (9) для розміщення робочих каналів (10). Виступи (8) і впадини (9) мають аркообразну форму з довжиною і висотою, що поступово збільшуються у напрямі вихідного отвору (2) корпусу, і розміщені перпендикулярно до осі головки. На компенсуючій ділянці (7) головка має пружно-деформовану планку (11). Для переміщення головки використовуються винти (12). Головка також має формуючі губи (13), які змонтовані перед вихідним отвором (2) корпусу і утворюють формуючу щілину (14).

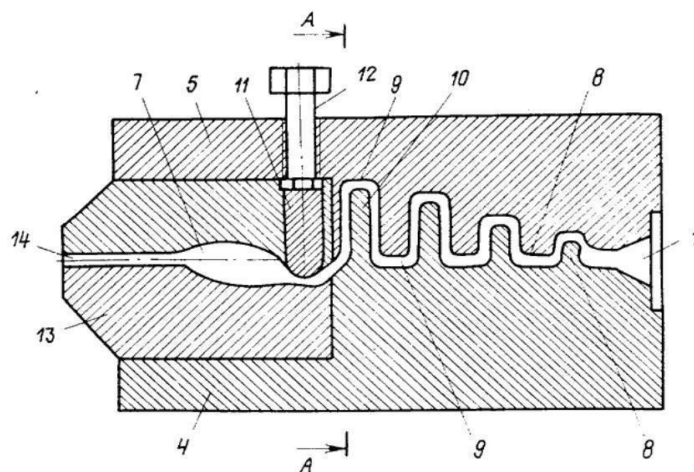


Рис.2.4 – Розріз екструзійної головки.

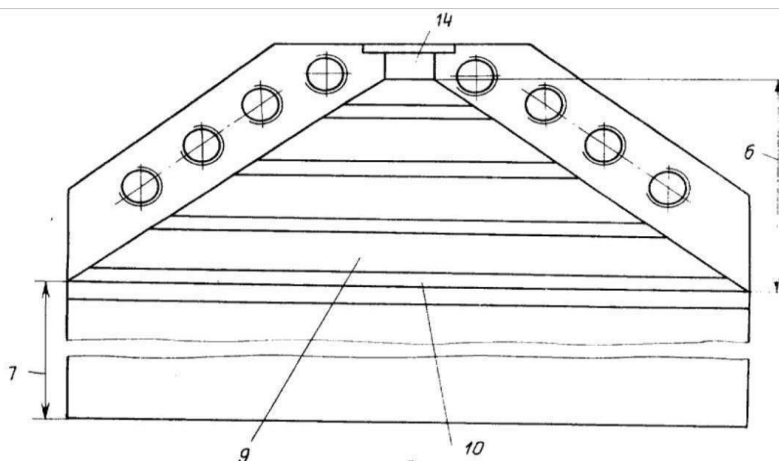


Рис.2.5 – Нижня плита головки.

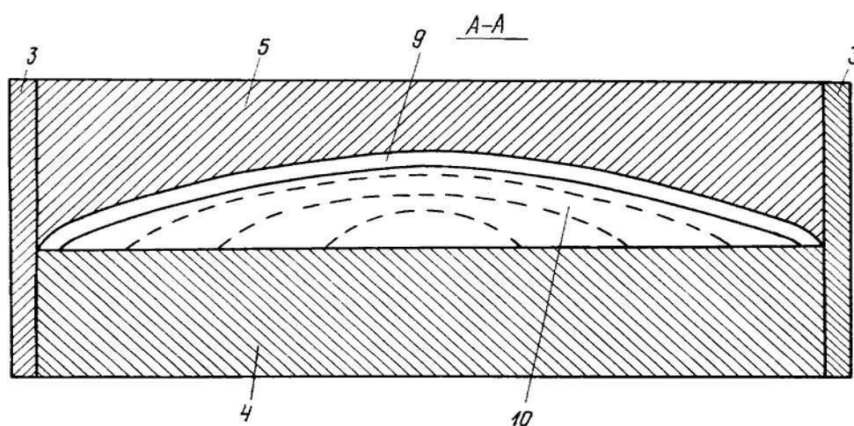


Рис.2.6 – Розріз екструзійної головки.

Авторське свідоцтво [6] має на меті розширити технологічні можливості головки і підвищити якість отримуваної плівки при зміні в'язкості та концентрації розчину і розплаву полімеру. Для досягнення цієї мети автори реалізують свою ідею наступним способом.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ		Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дат			12

Головка екструзійна плоскощільова, складається з розподільного каналу та з'єднаних з ним формуючої щілини, а також основної і додаткової пластин з опірними поверхнями. Головка включає механізм для регулювання положення пластин відносно одна одної, який виконаний у жорсткій формі на опорній плиті з отвором для регулюючого винта, а також на додатковій плиті використовується П-подібний прихват з пазом для використання з регулюючим винтом. Поверхні основної і додаткової пластин виконані під нахилом до опорних поверхонь.

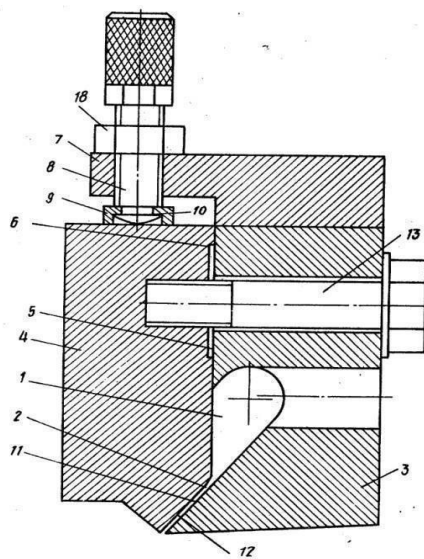


Рис.2.7 – Екструзійна головка у розрізі.

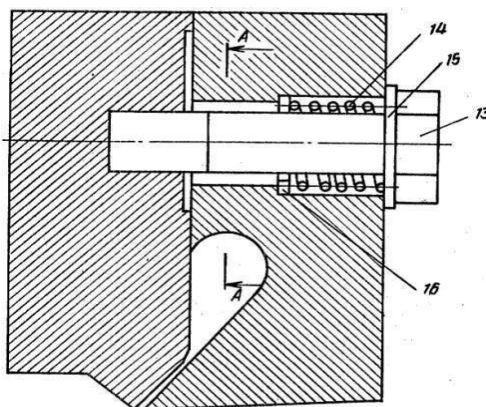


Рис.2.8 – Екструзійна головка у поперечному розрізі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП91.12133.001-70 ПЗ

Арк

13

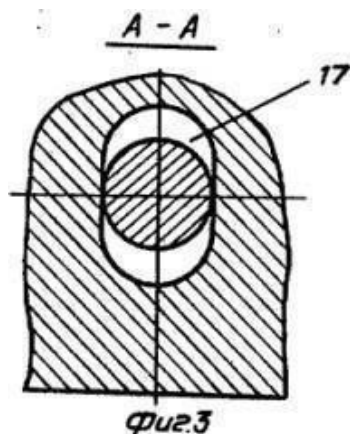


Рис.2.9 – Розріз екструзійної головки.

У авторському свідоцтві [7] поставлено мету покращити продуктивність та надійність роботи головки шляхом скорочення часу на складання і розкладання, а також запобігання витoku розплаву. Автори досягають цієї мети шляхом оснащення головки циліндричними базовими виступами, які розташовані на поверхні одного полукорпусу, а входні отвори розміщені на другому полукорпусі. Кожен кронштейн має шарнір з упорним стаканом і осьовим гніздом, причому осьове гніздо кронштейна нерухомого полукорпусу має форму пазу, чия довжина спрямована перпендикулярно до поверхні розділу. Упорні стакани кронштейнів з'єднані між собою тягою, що забезпечує механізм її осьового переміщення.

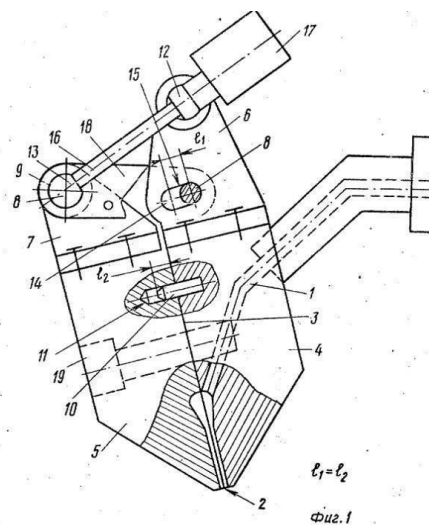


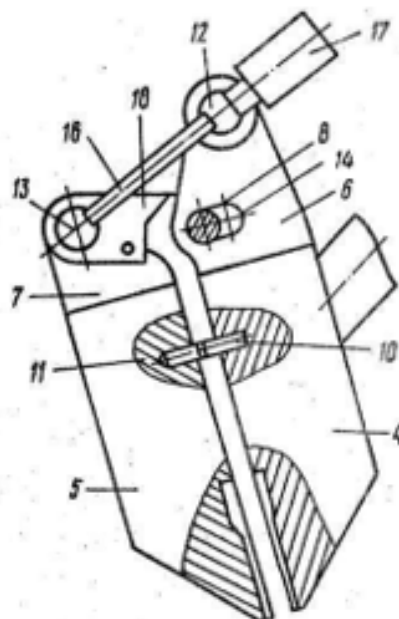
Рис.2.10 –Екструзійна головка для переробки пластмас

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП91.12133.001-70 ПЗ

Арк

14



Фиг. 2

Рис.2.11 – Екструзійна головка для переробки пластмас

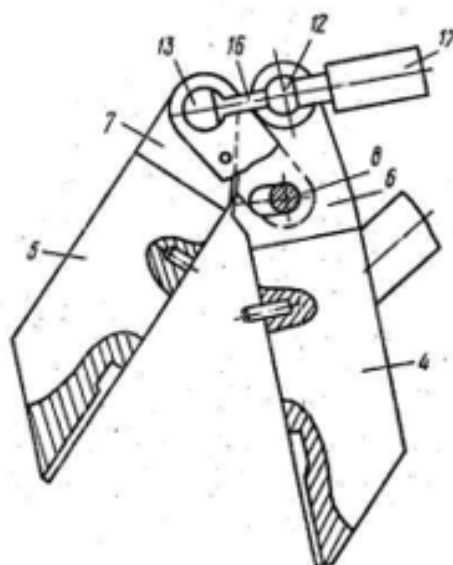


Рис.2.12 – Головка екструдера для переробки пластмас.

У патенті [8] автори мають за мету покращити стабільність та ефективність двохвалкового екструзійного гранулятора. Цю задачу вирішено шляхом підключення лівої сторони шнекового екструдера до двигуна, тоді як права сторона пов'язана з листовою матрицею. Гвинтовий екструдер оснащений бункером для подачі матеріалу та вакуумним випускним отвором у середині. Для підтримки системи встановлені горизонтальні та вертикальні опорні ролики.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

Таким чином, винахід дає змогу отримувати високонаповнені гранули деревно-пластикових матеріалів шляхом подвійного пресування горизонтальними та вертикальними притискними роликами на основі екструзії листів деревно-пластикового композиційного матеріалу.

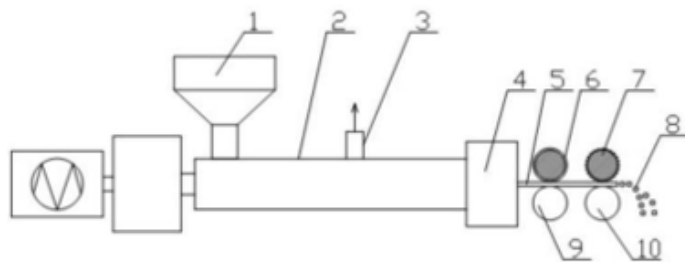


Рис.2.13 – Структурна схема двухвалкового екструзійного гранулятора.

- 1 - Бункер; 2 - Шнековий екструдер; 3 - Вакуумний клапан; 4 - Головка для різання листа; 5 - Лист матеріалу; 6 - Горизонтальний притискний ролик; 7 - Вертикальний притискний ролик; 8 - Деревопластикові гранули; 9 - Горизонтальний опорний ролик; 10 - Вертикальний опорний ролик.

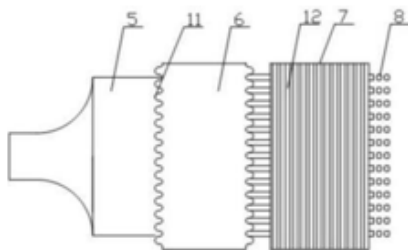


Рис.2.14 – Структурна схема прижимного ролика.

Винахідник патентного документа [9] має намір удосконалити лінію для формування пластикових листів. Екструдер для пластикових листів включає двопозиційний пристрій для зміни сит, насос для відведення розплаву, Т-подібну головку і механізм каландра. Він також включає фінішну машину для укладання готової продукції, подрібнювач листового матеріалу, пристрій для транспортування запиленого матеріалу та фінішну машину для укладання готової продукції. Конвеєр для відходів встановлений за машиною для формування пластмасових виробів, а конвеєр для відходів встановлений між подрібнювачем відходів і машиною для формування пластмасових виробів. Між подрібнювачем відходів та екструдером пластикових листів встановлені живильники порошкових матеріалів, кожен бункер подрібнювача з'єднаний зі змішувачем, а вихідний отвір змішувача з'єднаний з вхідним отвором екструдера пластикових листів.

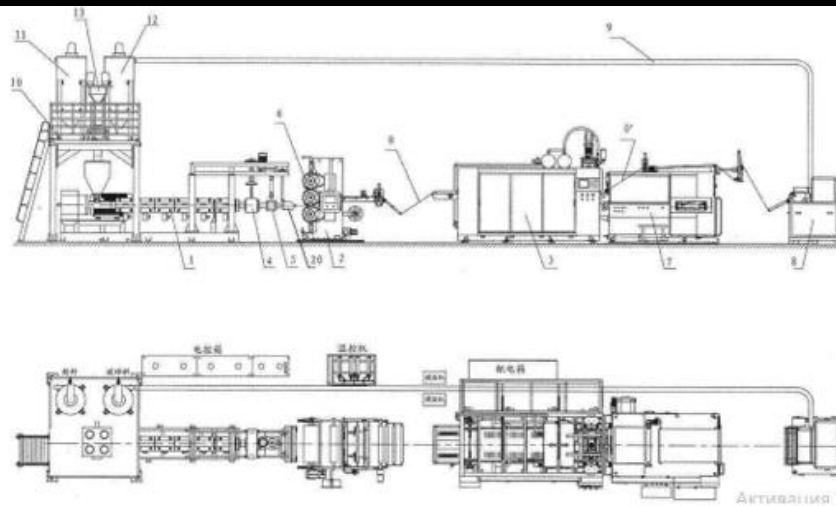


Рис.2.15 – Лінійна схема формування пластикових листів.

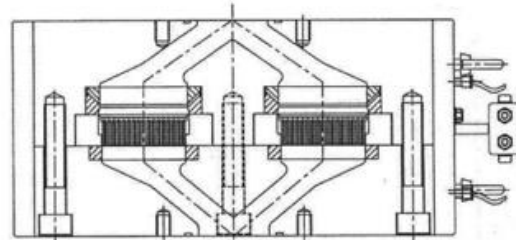


Рис.2.16 – Двонаправлена секція перемикання режимів.

У патенті [10] автор зменшив виробничі витрати та підвищив ефективність виробництва. Це завдання виконує гофрована головка штампа, що містить верхню частину головки штампа, корпус верхнього краю головки штампа, з'єднаний з переднім кінцем верхньої частини головки штампа, нижню частину головки штампа і корпус нижньої щелепи головки штампа, з'єднаний з переднім кінцем корпусу нижнього краю головки штампа, з'єднаний з переднім кінцем корпусу нижньої щелепи головки штампа. Передній кінець корпусу верхнього краю головки матриці забезпечений виступом верхнього краю головки матриці, що простягається в напрямку ширини, передній кінець корпусу нижнього краю головки матриці забезпечений виступом нижнього краю головки матриці, що простягається в напрямку ширини, положення виступу верхнього краю матриці таке ж, як і положення виступу нижнього краю матриці, а довжина однакова, а верхній корпус головки матриці прикріплений до нижнього корпусу матриці Після того, як порожнина для зберігання суспензії сформована і верхній і нижній корпуси матриці щільно з'єднані, формуються верхня та нижня частини виступів кромки краю штампувального ножа. Випускний отвір для вивантаження матеріалу з'єднаний з накопичувальною порожниною.

Змінюючи довжину виступу верхнього і нижнього кінців екструзійної головки, можна задовольнити виробничі вимоги до різної ширини покриття без заміни екструзійної головки, знизити виробничі витрати і підвищити ефективність виробництва.

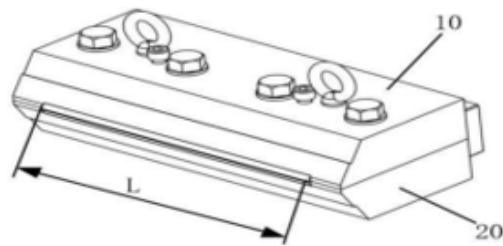


Рис.2.17 – Принципова схема конструкції екструзійної головки.

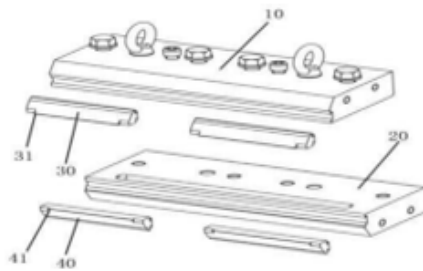


Рис.2.18 – Вид в розгорнутому вигляді, що показує структуру екструзійної головки.

Автори патентного документу [11] мають на меті підвищити ефективність виробництва екструдера. Екструдер для виробництва поліетиленових композитних труб з регульованими головками містить основу, ліву та праву сторони верхньої поверхні основи жорстко з'єднані з нерухомим стрижнем, верхній кінець нерухомого стрижня жорстко з'єднаний з основною екструзійною камерою, зовнішня поверхня основної екструзійної камери жорстко з'єднана з основним нагрівальним шаром, внутрішня стінка правої сторони основної екструзійної камери жорстко з'єднана зі стовбуром, жорстко з'єднаним з валом, інша сторона втулки вала внутрішньо з'єднана з екструзійним стрижнем, інший кінець екструзійного стрижня проникає в ліву сторону основної екструзійної коробки і жорстко з'єднаний з екструзійним двигуном, зовнішня поверхня екструзійного стрижня жорстко з'єднана зі спіральною лопаттю, а права сторона основного екструзійного блоку жорстко з'єднана з допоміжним екструзійним блоком. Між собою.

Пристрій нерухомо з'єднаний із з'єднувальним циліндром. Корисна модель дає можливість виготовляти різні види поліетиленових композиційних труб, усуває недоліки, пов'язані із заміною головок машини у відомому рівні техніки, та значно підвищує ефективність виробництва поліетиленових композиційних труб, роблячи його надзвичайно практичним.

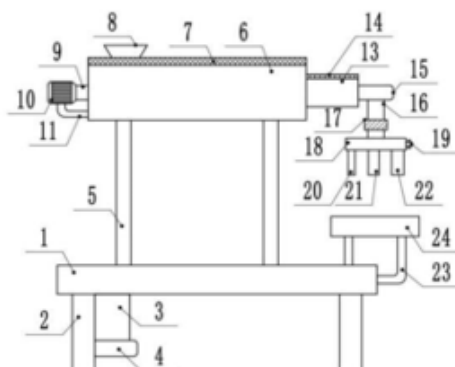


Рис.2.19 – Принципова схема екструдера для виробництва композитних труб з регульованими головками.

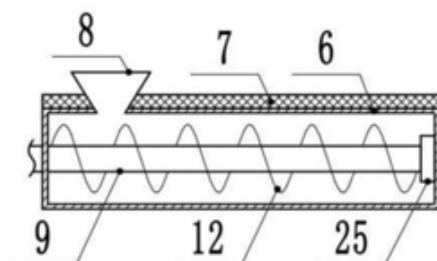


Рис.2.20 – Принципова схема внутрішньої будови екструдера.

Патентний документ [12] спрямований на стабілізацію тиску в передній частині матриці та регулювання розміру формувальної канавки. Автор описує цю проблему наступним чином: регулятор містить пружину, шток і болт, стиснення пружини можна змінювати, пружина закріплена з одного боку на болті, а з іншого боку - на плечі штока, задня сторона штока закріплена на обмежувачі і роликовому сепараторі, вставленому в зовнішній паз формувальної плити. Рішення було отримано шляхом контакту з формувальною плитою і облицювання внутрішньої частини формувальної канавки термостійким еластичним матеріалом.

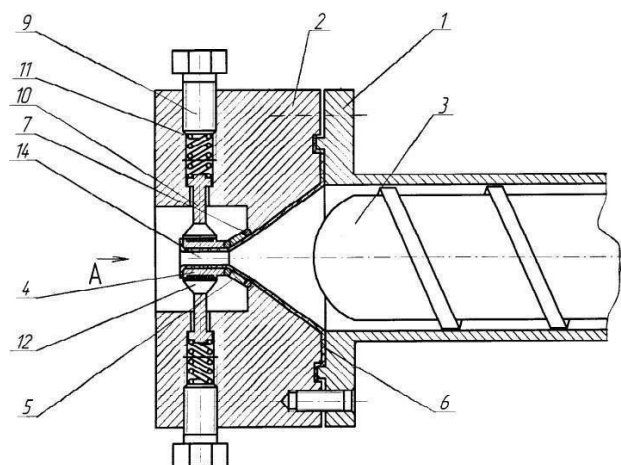


Рис.2.21 – Поперечний переріз плоскої головки екструдера з регульованою геометрією формуючої канавки.

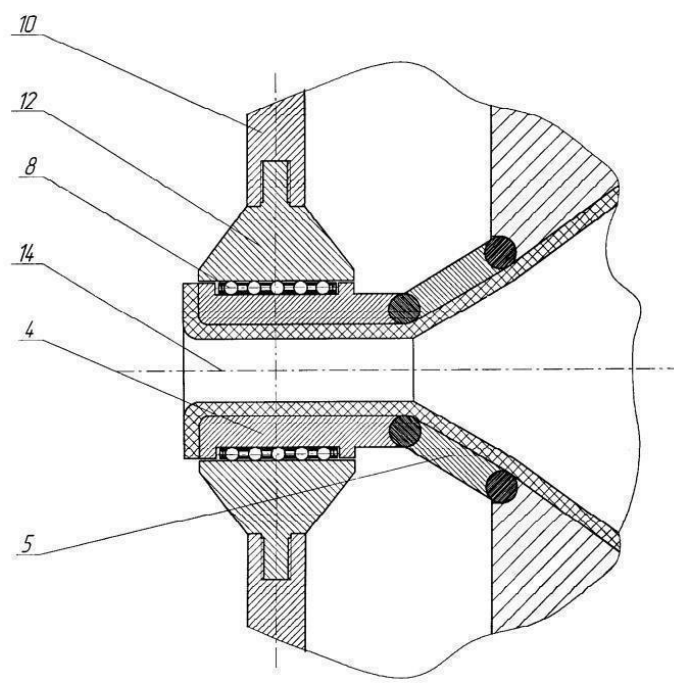


Рис.2.22 – Канал формування голови.

Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат

ЛП91.12133.001-70 ПЗ

Арк

20

3 Охорона праці

3.1 Заходи захисту від небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Відповідно до Закону України "Про охорону праці", нові машини, механізми та обладнання повинні мати безпечні умови праці для осіб, які їх використовують, та сертифікат безпечної експлуатації відповідно до встановлених норм.

У рамках дипломного проекту розглядаються графіки для хімічних заводів із переробки гумових сумішей та пластмас. Необхідність створення здорових та безпечних умов праці на підприємствах обумовленана необхідністю виявлення шкідливих та небезпечних факторів на ранній стадії та вжиття заходів на стадії проектування для забезпечення безпеки працівників та створення здорових умов праці на підприємствах.

Каландри використовуються для виробництва конвеєрних стрічок із різних композитних полімерних матеріалів та забезпечення рівномірного розподілу компонентів без порушення технічних пропорцій.

Завод має закриту каналізаційну систему з локальним очисним обладнанням для очищення забруднюючих речовин та повернення очищеної води до робочої системи.

Параметри процесу встановлюються та контролюються двома операторами, що знаходяться у виробничому приміщенні.

Існують ризики, про які необхідно пам'ятати під час експлуатації та обслуговування обладнання. До них відносяться, наприклад, ураження електричним струмом, ризики, пов'язані з частинами, що рухаються, обладнанням і матеріалами, шум і вібрація під час виробництва, якість повітря на робочому місці та пожежні ризики. Дуже важливо враховувати перелічені вище фактори, щоб забезпечити здоров'я співробітників і уникнути можливих наслідків.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3.2 Характеристика потенційно шкідливих та ризикованих виробничих чинників

Під час роботи екструзійних машин виникає низка небезпечних та шкідливих факторів. Наприклад, повітря на робочому місці, де під час роботи машини виділяються шкідливі речовини.

Іншим небезпечним фактором є виробничий шум, що створюється електродвигунами та вентиляторами. Робочі також можуть наражатися на небезпеку від рухомих або обертових частин машини, таких як деталі двигуна, редуктори, черв'яки та ланцюги.

Джерела живлення для машин можуть становити небезпеку ураження електричним струмом. Крім того, потенційна небезпека пожежі, умови промислового освітлення, трубопроводи під тиском та нагріті компоненти обладнання збільшують потенційну небезпеку у цьому середовищі.

3.3 Повітря робочої зони

Робота операторів на заводі є фізично важкою через наявність жорстких умов, таких як шум, вихлопні гази та перепади температури.

В результаті енергоспоживання операторів перевищує 250-275 ккал/год. Детальну інформацію про рекомендовані та існуючі параметри температури, відносну вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні можна знайти в таблиці 3.1

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Таблиця 3.1

Пора року	Категорія робіт	Фактична	Оптимальна	Оптимальна	Фактична
		на			на
Холодна та перехідні пори року	Середньої важкості	21-24	40-60	0,2	0.1-0.12
Тепла пора року	Середньої важкості	26-30	40-60	0.1-0.3	0.15-0.2

У періоди високих температур температура часто перевищує ідеальний діапазон і потребує встановлення кондиціонера для ефективного охолодження навколишнього повітря.

Виробник несе відповідальність за забезпечення якості повітря на робочому місці та усунення шкідливих полімерних речовин, що виділяються під час переробки.

Це може бути досягнуто шляхом використання відповідних пристроїв та обладнання, передбачених проектом виробничого приміщення. Важливо, щоб ці пристрої були достатньо ефективними, щоб підтримувати масову концентрацію шкідливих речовин та зважених частинок у повітрі робочої зони нижче гігієнічних нормативів, визначених для вентиляції ГОСТ 12.1005-88.

Загальнообмінна вентиляція досягається шляхом встановлення механічних припливно-витяжних систем.

3.4 Небезпека впливу елементів устаткування, нагрітих до високих температур

Машини для лиття під тиском містять небезпечні частини, такі як корпуси та поверхні прес-форм, які можуть нагріватися до 200°C.

Прямий контакт із цими нагрітими поверхнями може призвести до травм та опіків. Щоб уникнути таких нещасних випадків, для захисту нагрітих частин машини використовуються спеціальні кожухи, які супроводжуються попереджувальними знаками, що вказують на те, що вони гарячі. Ці попереджувальні знаки встановлюються на поверхнях з температурою вище 45°C відповідно до рекомендацій, викладених у стандарті ДСТУ EN ISO 7010:2019.

3.5 Виробничий шум

Під час роботи термопластавтоматів утворюється значний шум, в основному від електродвигунів, редукторів та ланцюгових передач.

рівні звукового тиску, рівні шуму та еквівалентні рівні шуму в різних октавних полосах частот на постійному робочому місці, де працює виробнича лінія, не повинні перевищувати допустимих норм, зазначених у ДСН 3.3.6.037-99.

Враховуючи, що шум, який створюється вентиляторами та електрообладнанням, наразі становить 110 дБА, рівні шуму на робочому місці знаходяться в межах допустимих норм. Шум від обладнання в основному зосереджується в діапазоні частот 250-2000 Гц.

Для ефективного зниження механічного шуму термопластавтоматів можна розглянути наступні заходи

- примусове нанесення мастила на поверхні тертя, □ P=4 дБА;

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- балансування обертових елементів, $P=6$ дБА;
- використання ущільнювальних матеріалів або еластичних вставок у з'єднаннях для передачі вібрацій між деталями, $P=5$ дБА;
- швидке усунення технічних дефектів, $P = 3$ дБА.
- Вимірний рівень 75 дБА.

Вимірний рівень шуму наразі становить 75 дБА, що відповідає чинним стандартам. Важливо стежити за тим, щоб сумарний рівень технічної вібрації під час роботи машини на постійних робочих місцях не перевищував допустимих норм, встановлених ДСН 3.3.6.037-99.

3.6 Небезпека впливу елементів що рухаються і обертових частин

Термопластавтомати складаються з різних динамічних частин, таких як муфти, ротори та електродвигуни.

Для забезпечення безпеки та запобігання нещасним випадкам важливо, щоб усі деталі, що обертаються та рухаються, були забезпечені належним захистом. Цього можна досягти, встановивши суцільні або сітчасті огороження, які ефективно оточують ці компоненти. Щоб уникнути потенційної небезпеки, вічка повинні бути не більше 10 мм.

Експлуатація виробничих ліній без огорожень категорично заборонена. Також категорично заборонено ремонтувати або регулювати частини лінії під час роботи машини, щоб забезпечити безпечне робоче середовище.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7 Пожежна безпека

У цеху, де виготовляють транспортерну стрічку, є багато електричного обладнання, такого як електродвигуни, електроосвітлювальні прилади, пуско-регулююча апаратура тощо. Це обладнання може стати причиною пожежі та вибуху, тому до його конструкції, експлуатації, нагляду і ремонту висуваються підвищені вимоги.

Крім того, у цеху використовують пально-мастильні матеріали, такі як компресорні мастила, каучук та гумові суміші, солідол. Ці матеріали можуть загорітися при підвищенні температури до певного рівня, який залежить від їх фізико-хімічних властивостей.

Цех класифікується як пожежонебезпечна зона класу П-Па, а виробництво відноситься до категорії "В" за НАПБ Б.07.005-86. Пожежонебезпека технологічних процесів залежить від фізико-хімічних властивостей сировини та кінцевих продуктів, які використовуються у виробництві.

Для забезпечення безпеки під час пожежі передбачена евакуація людей через спеціальні виходи з цеху. Евакуаційні виходи розташовані таким чином, щоб бути розосередженими. Ширина дверей становить 1,6 м, а ширина евакуаційних шляхів - 3,5 м. Відповідно до вимог СНІП 2.09.02.85, будівля цеху повинна мати пожежні сходи.

Для видалення газів і диму з палаючих приміщень використовуються димові люки та віконні прорізи. Для гасіння пожеж в цеху встановлюються пожежні гідранти, 2 вогнегасники ОП-9, а також стенди з інструментами для індивідуального пожежогасіння, такими як гаки, лопати, лом і пісок. Для швидкого повідомлення пожежної команди застосовується прямий телефонний зв'язок.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3.8 Системи, що працюють під тиском

Усередині термопластавтоматів прокладені трубопроводи, які подають охолоджувальну воду та стиснене повітря під тиском 0,4-0,6 МПа. Сама термопластавтомат також знаходиться під значним тиском. Якщо тиск перевищує граничне значення, на панелі керування загоряється сигнальна лампочка, а оператор отримує звуковий сигнал.

Для зручності ідентифікації трубопроводи мають кольорове маркування згідно з ГОСТ 14201-79. Зокрема, водяні трубопроводи позначені зеленим кольором, а повітряні - синім. Для паливних рідин, таких як бензин, трубопроводи позначені коричневим кольором, щоб їх можна було чітко розрізнити та ідентифікувати.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

II РОЗДІЛ «РОЗРАХУНКИ»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «ЕКСТРУЗІЙНИЙ АГРЕГАТ З
МОРЕДНІЗАЦІЄЮ ГОЛОВКИ»

ЗМІСТ

1. Розрахунки елементів базової конструкції.....	2
1.1 Параметричні розрахунки	2
1.1.1 Розрахунок геометрії черв'яка.....	2
1.1.2 Розрахунок продуктивності черв'ячної машини.....	4
1.1.3 Розрахунок потужності приводу екструдера	5
1.2 Кінематичний розрахунок головки	8
1.2.1 Розрахунок коефіцієнта геометричної форми головки	8
1.2.2 Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці	12
1.3 Тепловий розрахунок.....	15
1.4 Розрахунок корпусу	18
1.5 Розрахунок черв'яка на стиск	19
1.6 Розрахунок черв'яка на витривалість	22

					ЛП91.12133.002-70PP		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Руденко М.А.				Екструзійний агрегат з модернізацією головки		
Перевір.	Сівецький В.І.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Сокольський О.Л.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	22
					КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91		

**1. Розрахунки елементів базової
конструкції, що підтверджують працездатність**

1.1. Параметричні розрахунки

1.1.1. Розрахунок геометрії черв'яка

Довжина торпеди:

$$L_{торп} = (0,6 \dots 0,8) \cdot D = 0,8 \cdot 45 = 36 \text{ мм.}$$

Довжина робочої частини шнека:

$$L_{роб} = 25 \cdot D = 25 \cdot 45 = 1125 \text{ мм.}$$

Довжина зони завантаження :

$$L_{зав} = (1,5 \dots 3) \cdot D = 3 \cdot 45 = 135 \text{ мм.}$$

Довжина зони дозування :

$$L_{доз} = (10 \dots 17) \cdot D = 15 \cdot 45 = 675 \text{ мм.}$$

Довжина зони стискання(пластикації) :

$$L_{ст} = L_{роб} - L_{доз} - L_{зав} = 1125 - 675 - 135 = 315 \text{ мм.}$$

Довжина шліцьового зачеплення приймається: $L_{шл} = 85 \text{ мм.}$

Довжина циліндричної частини шнека:

$$L_{цил} = (2 \dots 3) \cdot D = 2,4 \cdot 45 = 108 \text{ мм.}$$

Довжина відбійної ділянки шнека:

$$L_{відб} = (0,1 \dots 0,7) \cdot D = 0,6 \cdot 45 = 27 \text{ мм.}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L_{заг} = L_{роб} + L_{відб} + L_{цил} + L_{торп} = 1125 + 27 + 108 + 36 = 1296 \text{ мм.}$$

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

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

Ширина витка e :

$$e = (0,08 \div 0,12) \cdot D = 0,1 \cdot 45 = 4,5 \text{ мм.}$$

Найбільш часто застосовують профіль нарізки, що характеризується наявністю радіуса закруглення:

$$R = (0,12 \dots 0,18) \cdot D = 0,18 \cdot 45 = 8,1 \text{ мм}$$

$$r = (0,06 \dots 0,16) \cdot D = 0,1 \cdot 45 = 4,5 \text{ мм}$$

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		2

Глибина нарізки в зоні завантаження h_1 :

$$h_1 = (0,1 \div 0,14) \cdot D = 0,1 \cdot 45 = 4,5 \text{ мм.}$$

Глибина нарізки в зоні дозування h_2 :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left(D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i}} (D - h_1) \right) = 0,5 \cdot \left(45 - \sqrt{45^2 - \frac{4 \cdot 4,5}{3,77}} (45 - 4,5) \right) \\ = 1,1 \text{ мм}$$

$i = 3,77$ –ступінь стиснення ПЄНТ;

Діаметр стержня в зоні завантаження:

$$d_1 = D - 2 \times h_1 = 45 - 2 \times 4,5 = 36 \text{ мм;}$$

Діаметр стержня в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2 \times h_2 = 45 - 2 \times 1,1 = 42,8 \text{ мм;}$$

Зазор між гребнем черв'яка і корпусом

$$\delta = (0,002 \dots 0,003) \cdot D = 0,002 \cdot 45 = 0,09 \text{ мм.};$$

Кут нахилу лінії нарізки:

$$\varphi = \arctg_{\pi D} = \arctg \frac{t}{3,14 \cdot 45} = \frac{45}{0,318} \text{ рад} = 17^\circ 65'$$

Критична частота обертання шнека в зоні завантаження шнекової машини може бути визначена за наступним співвідношенням (с^{-1}):

$$n_{\text{кр}} = \frac{42,2}{60 \cdot \sqrt{D}} = \frac{42,2}{60 \cdot \sqrt{0,045}} = 3,32$$

де D – діаметр шнека, м.

Робоча частота обертання шнека дорівнює

$$n = (0,2 \dots 0,7) \cdot n_{\text{кр}} = 0,6 \cdot 3,32 \approx 2$$

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		3

1.1.2. Розрахунок продуктивності черв'ячної машини

Коефіцієнт прямого потоку:

$$\alpha = \frac{\pi D h_2 (t - e) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 1,1 \cdot (45 - 4,5) \cdot \cos^2(0,318)}{2} = 3147,4 \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт зворотного потоку:

$$\beta = \frac{h^3 (t - e) \sin 2\varphi}{24 l_d} = \frac{1,1^3 \cdot (45 - 4,5) \cdot \sin(2 \cdot 0,318)}{24 \cdot 675} = 37 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3$$

Коефіцієнт потоку витоків:

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varphi}{10 e \cdot l_d} = \frac{3,14^2 \cdot 45^2 \cdot 0,09^3 \cdot \operatorname{tg}(0,318) \cdot \sin(0,318)}{10 \cdot 4,5 \cdot 675} = 0,015 \cdot 10^{-6} \text{ мм}^3$$

Об'ємна секундна продуктивність:

$$Q = \frac{a K n}{K + \beta + \gamma} = \frac{3147,4 \cdot 0,741 \cdot 2}{0,741 + 37 \cdot 10^{-6} + 0,015 \cdot 10^{-6}} = 6294,5 \text{ мм}^3/\text{с}$$

Вагова продуктивність:

$$\Pi = 3600 \cdot Q \cdot \rho \cdot 10^{-9} = 3600 \cdot 6294,5 \cdot 940 \cdot 10^{-9} = 21,98 \approx 22 \text{ кг/год.}$$

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		4

1.1.3. Розрахунок потужності приводу екструдера

Визначте потужність, яка використовується для переробки поліетилену.

Вихідні дані:

Зовнішній діаметр черв'яка	$D = 45 \text{ мм}$
Діаметр черв'яка в зоні дозування	$d_1 = 42,8 \text{ мм}$
Діаметр черв'яка в зоні завантаження	$d_2 = 36 \text{ мм}$
Крок гвинтової нарізки черв'яка	$t = 45 \text{ мм}$
Перепад тиску в головці	$\Delta P = 10,82 \text{ Па}$
Довжина зони дозування	$L = 675 \text{ мм}$
Глибина нарізки на початку зони дозування	$h_2 = 4,5 \text{ мм}$
Глибина нарізки в зоні завантаження	$h_1 = 1,1 \text{ мм}$
Ширина гребня витка черв'яка	$e = 4,5 \text{ мм}$
Радіальний зазор	$\delta = 0,09 \text{ мм}$

Потужність, що витрачається черв'ячною машиною для переробки пластичних мас, йде на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка і на зсув матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою гільзи.[2]

Потужність черв'ячної машини:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}$$

де N_1 – потужність, що витрачається на примусове проходження маси по гвинтовому каналу черв'яка:

$$N_1 = 9,8 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\pi^3 (t - e) L J \mu_{\text{еф}}}{t} n^2 + A_1 \Delta P n \right)$$

N_2 – потужність, що витрачається на зріз матеріалу у зазорі між вершиною витка і стінкою циліндра:

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

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		5

η – коефіцієнт корисної дії і неврахованих втрат; $\eta = 0,9$; де J – коефіцієнт, що визначається по формулі:

$$J = \frac{\pi^2 D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{(D + \overline{d_2})^3 - (D + \overline{d_1})^3}{3(\overline{d_2} - \overline{d_1})} + \frac{2,3\pi^2 D^2}{(t^2 + \pi^2 + D^2) \cdot (h_2 - h_1)} \cdot \ln \frac{h_2}{h_1}$$

$$J = \frac{3,14^2 45^2 - 4 \cdot 45^2}{3,14^2} + \frac{(45 + 42,8)^3 - (45 + 36)^3}{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 45^2} + \frac{2,3 \cdot 3,14^2 \cdot 45^2}{(45^2 + 3,14^2 + 45^2) \cdot (1,1 - 4,5)} \cdot \lg \frac{1,1}{4,5} = 4,362 \cdot 10^5$$

Швидкість зсуву в гвинтовому каналі черв'яка можна визначити по формулі:

$$v_{\text{СК}} = \frac{\pi^2 (D - h_{\text{CP}}) (D - 2h_{\text{CP}}) n}{h_{\text{CP}} \sqrt{\pi^2 (D - 2h_{\text{CP}})^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 (45 - 2,8) (45 - 5,6) 2}{2,8 \sqrt{3,14^2 (45 - 5,6)^2 + 45^2}} = 1$$

де h_{CP} – середня глибина гвинтового каналу черв'яка:

$$h_{\text{CP}} = \frac{(h_2 + h_1)}{2} = \frac{1,1 + 4,5}{2} = 2,8 \text{ мм}$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 150°C і швидкості зсуву $88,99 \text{ сек}^{-1}$;

$\mu_{\text{эф}} = 1607 \text{ Па} \cdot \text{с}$;

$$N_1 = 9,8 \cdot 10^{-13} \left[\frac{\pi^3 (t - e) L J \mu_{\text{эф}}}{t} n^2 + A_1 \Delta P n \right] =$$

$$= 9,8 \cdot 10^{-13} \left[\frac{3,14^3 (45 - 4,5) \cdot 675 \cdot 4,362 \cdot 10^5 \cdot 1607}{45} \cdot 2^2 + 3147,4 \cdot 10,82 \cdot 2 \right] = 5,2 \text{ кВт.}$$

Швидкість зсуву в зазорі між гребнем черв'яка і стінкою циліндра можна визначити по формулі:

$$\gamma_6 = \frac{\pi^2 D^2 n}{\delta \sqrt{\pi^2 D^2 + t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 45^2 \cdot 2}{0,09 \sqrt{3,14^2 \cdot 45^2 + 45^2}} = 3 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$$

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		6

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 150°C і швидкості зсуву 1990 с⁻¹;

$$\mu_{ef} = 0,95261 \times 10^2 \text{ Па} \cdot \text{с};$$

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

$$= 9,8 \cdot 10^{-13} \cdot \frac{3,14^3 \cdot 45^3 \cdot 4,5 \cdot 675 \cdot 952,61}{0,09 \cdot 45} \cdot 2^2 = 7,9 \text{ кВт}$$

Загальна потужність буде дорівнює:

$$N = N_1 + N_2 = 5,2 + 7,9 = 13,1 \text{ кВт}$$

З огляду на ККД машини, потужність споживана нею буде складати:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{13,1}{0,9} = 14,5 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун АІР 160 S2 ІМ 1081 з наступними характеристиками

Таблиця 4.1. Характеристика електродвигуна

Потужність $N_{дв, кВт}$	Типорозмір двигуна	Частота обертання, $n_{дв, хв^{-1}}$	$\frac{T_{пуск}}{T_{ном}}$	$\frac{T_{max}}{T_{ном}}$	ККД, %
15	АІР160S2	2930	2,2	2,3	89,4

1.2. КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГОЛОВКИ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

1.2.1. Розрахунок коефіцієнта геометричної форми головки

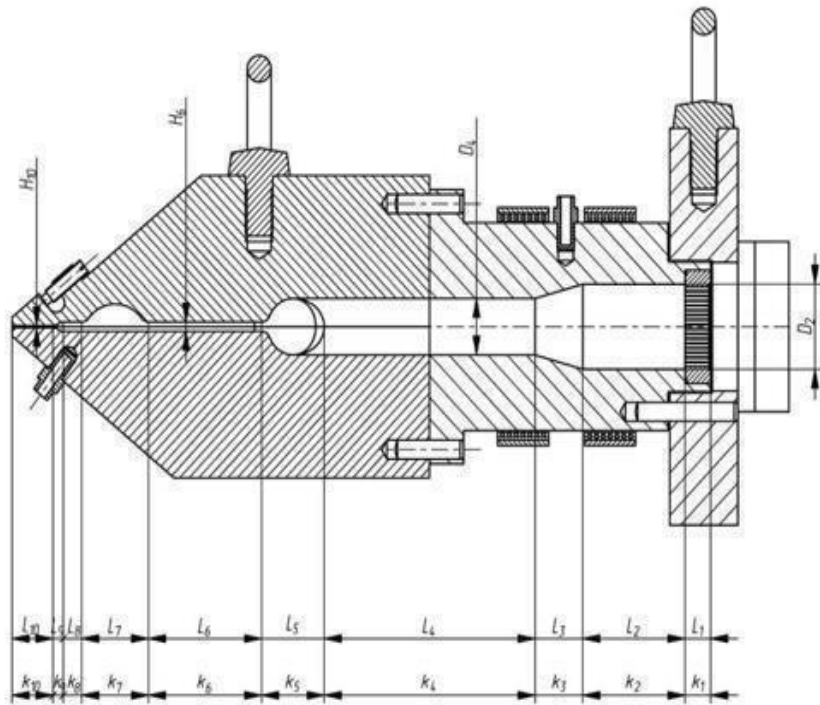
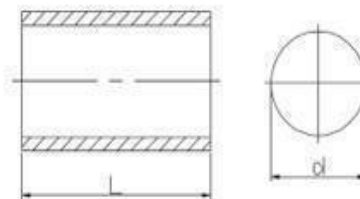


Рис. 4.1 – Розрахункова схема формуючої головки.

1. 241 круглих циліндричних отворів

L= 15 мм; d=2 мм.



$$K_1 = \frac{\pi d^4}{128L} \cdot 241 = \frac{3.14 \cdot 2^4}{128 \cdot 15} \cdot 241 = 6,306 \text{ мм}^3$$

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дат
-----	-----	----------	--------	-----

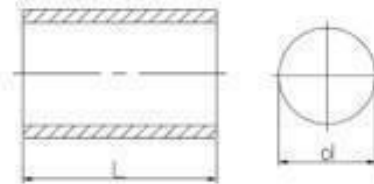
ЛП91.12133.001-70 ПЗ

Арк

8

2. Циліндричний круглий

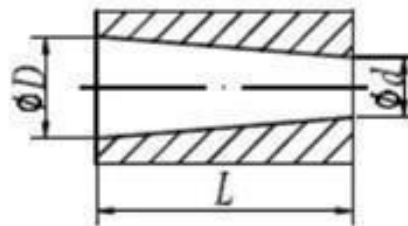
L=60 мм; D=45 мм;



$$K_2 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3.14 \cdot 45^4}{128 \cdot 60} = 1676,5 \text{ мм}^3$$

3. Конічний круглий

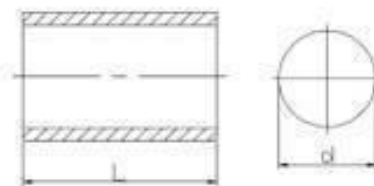
L= 28 мм; D=45 мм; d=30 мм.



$$K_3 = \frac{3\pi D^3 d^3}{12 \cdot L \cdot (D^2 + Dd + d^2)} = \frac{3 \cdot 3.14 \cdot 45^3 \cdot 30^3}{128 \cdot 28 \cdot (45^2 + 45 \cdot 30 + 30^2)} = 1512,7 \text{ мм}^3$$

4. Циліндричний круглий

L=124 мм; D=30 мм;

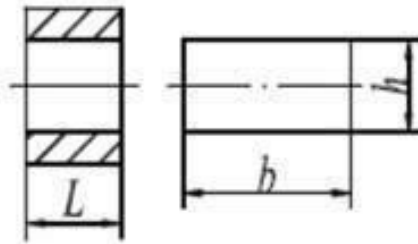


$$K_4 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{3.14 \cdot 30^4}{128 \cdot 124} = 160,25 \text{ мм}^3$$

—

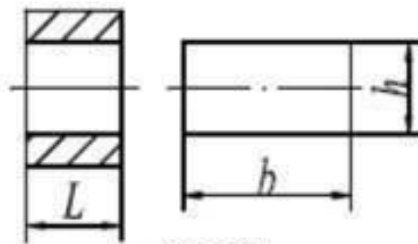
—

5. Прямокутний щільовий
L=37 мм; h=30 мм; b=600 мм.



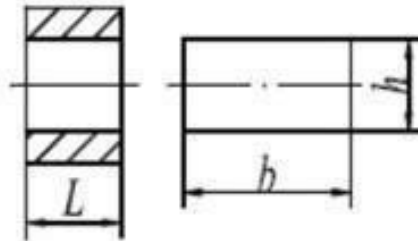
$$K_5 = \frac{bh^3}{12 \cdot L} = \frac{600 \cdot 30^3}{12 \cdot 37} = 36486,5 \text{ мм}^3$$

6. Прямокутний щільовий
L=66 мм; h=5 мм; b=600 мм.



$$K_6 = \frac{bh^3}{12 \cdot L} = \frac{600 \cdot 5^3}{12 \cdot 66} = 94,7 \text{ мм}^3$$

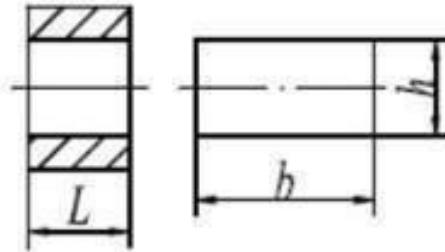
7. Прямокутний щільовий
L=39 мм; h=20 мм; b=600 мм.



$$K_7 = \frac{bh^3}{12 \cdot L} = \frac{600 \cdot 20^3}{12 \cdot 39} = 10256,4 \text{ мм}^3$$

8. Прямокутний шільовий

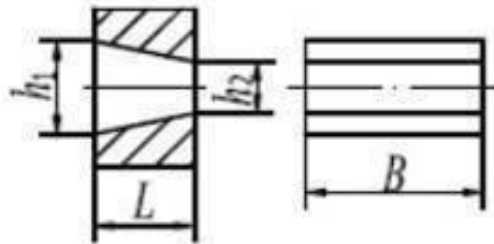
$L=11$ мм; $h=5$ мм; $b=600$ мм.



$$K_8 = \frac{bh^3}{12 \cdot L} = \frac{600 \cdot 5^3}{12 \cdot 11} = 568,2 \text{ мм}^3$$

9. Клиновидний шільовий

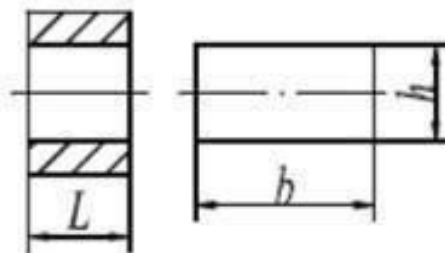
$L=6$ мм; $h_1=5$ мм; $h_2=1$ мм; $b=600$ мм.



$$K_9 = \frac{bh_1^2 h_2^2}{12L(h_1 + h_2)} = \frac{600 \cdot 5^2 \cdot 1^2}{6 \cdot 6 \cdot (5 + 1)} = 69,4 \text{ мм}^3$$

10. Прямокутний шільовий

$L=24$ мм; $h=1$ мм; $b=600$ мм.



$$K_{10} = \frac{bh^3}{12 \cdot L} = \frac{600 \cdot 1^3}{12 \cdot 24} = 2,08 \text{ мм}^3$$

11. Розраховуємо коефіцієнт геометричної форми головки

$$K_{\text{заг}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5} + \frac{1}{K_6} + \frac{1}{K_7} + \frac{1}{K_8} + \frac{1}{K_9} + \frac{1}{K_{10}}} = \frac{1}{\frac{1}{6,306} + \frac{1}{1676,5} + \frac{1}{1512,7} + \frac{1}{160,25} + \frac{1}{36485,5} + \frac{1}{94,7} + \frac{1}{10256,4} + \frac{1}{568,2} + \frac{1}{69,4} + \frac{1}{2,08}} = 1,486 \text{ мм}^3$$

1.2.2. Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці

Для кожної ділянки постійної геометрії визначають швидкість зсуву γ , після якої з графіка, формули або табличних даних визначають в'язкість μ .

$$\Delta P = \frac{Q \cdot \mu}{K}$$

Матеріал: ПЕНТ; $t = 150^\circ$.

1. 241 круглих циліндричних отворів:

$d = 2 \text{ мм}$, $K_1 = 6,309 \text{ мм}^3$.

$$\gamma = \frac{32Q}{\pi d^3} \cdot \frac{1}{241} = \frac{32 \cdot 6294,5}{3,14 \cdot 2^3} \cdot \frac{1}{241} = 33,27 \text{ с}^{-1}$$

$\mu = 2853 \text{ Па} \cdot \text{с}$

$$\Delta P_1 = \frac{Q \cdot \mu}{K_1} = \frac{6294,5 \cdot 2853}{6,306} = 2,84 \text{ МПа}$$

$$\gamma = \frac{32Q}{\pi d^3} \cdot \frac{1}{241} = \frac{32 \cdot 6294,5}{3,14 \cdot 2^3} \cdot \frac{1}{241} = 33,27 \text{ с}^{-1}$$

$\mu = 2853 \text{ Па} \cdot \text{с}$

$$\Delta P_1 = \frac{Q \cdot \mu}{K_1}$$

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		12

$$6294.5 \cdot 2853 = \frac{6294.5 \cdot 2853}{6.306} = 2,84 \text{ МПа}$$

2. Циліндричний круглий:

$$d = 45 \text{ мм}, K_2 = 1676,5 \text{ мм}^3.$$

$$\gamma_2 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 6294.5}{3,14 \cdot 45^3} = 1,22 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 9648 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_2 = \frac{Q \cdot \mu}{K_2} = \frac{6294.5 \cdot 9648}{1676.5} = 0,03 \text{ МПа}$$

3. Конічний круглий :

$$D = 45 \text{ мм}; d = 30 \text{ мм}; K_3 = 1512,7 \text{ мм}^3$$

$$\gamma_3 = \frac{256 \cdot Q}{\pi(D + d)^3} = \frac{256 \cdot 6294.5}{3,14 \cdot (45 + 30)^3} = 1,22 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 9392 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_3 = \frac{Q \cdot \mu}{K_3} = \frac{6294.5 \cdot 9392}{1512,7} = 0,04 \text{ МПа}$$

4. Циліндричний круглий:

$$d = 30 \text{ мм}, K_4 = 160,25 \text{ мм}^3.$$

$$\gamma_4 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 6294.5}{3,14 \cdot 30^3} = 1,22 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 8812 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_4 = \frac{Q \cdot \mu}{K_4} = \frac{6294.5 \cdot 8812}{160,25} = 0,35 \text{ МПа}$$

5. Прямокутний шльовий:

$$b = 600 \text{ мм}; h = 30 \text{ мм}; K_5 = 36485,5 \text{ мм}^3$$

$$\gamma_5 = \frac{5,58Q}{bh^2} = \frac{5,58 \cdot 6294.5}{600 \cdot 30^2} = 1,22 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 9967 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_5 = \frac{Q \cdot \mu}{K_5} = \frac{6294.5 \cdot 9967}{36485,5} = 1,719 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}$$

6. Прямокутний шільовий:

$$b = 600 \text{ мм}; h = 5 \text{ мм}; K_6 = 94.7 \text{ мм}^3$$

$$\mu = \frac{5,58Q}{bh^2} = \frac{5,58 \cdot 6294.5}{600 \cdot 5^2} = 8828 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_6 = \frac{Q \cdot \mu}{K_6} = \frac{6294.5 \cdot 8828}{94.7} = 0,58 \text{ МПа}$$

7. Прямокутний шільовий:

$$b = 600 \text{ мм}; h = 20 \text{ мм}; K_7 = 10256.4 \text{ мм}^3$$

$$\mu = \frac{5,58Q}{bh^2} = \frac{5,58 \cdot 6294.5}{600 \cdot 20^2} = 9927 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_7 = \frac{Q \cdot \mu}{K_7} = \frac{6294.5 \cdot 9927}{10256.4} = 6,092 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}$$

8. Прямокутний шільовий:

$$b = 600 \text{ мм}; h = 5 \text{ мм}; K_8 = 568.2 \text{ мм}^3$$

$$\mu = \frac{5,58Q}{bh^2} = \frac{5,58 \cdot 6294.5}{600 \cdot 5^2} = 8828 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_8 = \frac{Q \cdot \mu}{K_8} = \frac{6294.5 \cdot 8828}{568.2} = 0,098 \text{ МПа}$$

9. Клиновидний шільовий:

$$b = 600 \text{ мм}; h_1 = 5 \text{ мм}; h_2 = 1 \text{ мм}; K_9 = 69.4 \text{ мм}^3$$

$$\mu = \frac{5,58Q}{bh^2} = \frac{5,58 \cdot 6294.5}{600 \cdot 30^2} = 8367 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_9 = \frac{Q \cdot \mu}{K_9} = \frac{6294.5 \cdot 8367}{69.4} = 0,76 \text{ МПа}$$

10. Прямокутний шільовий:

$$b = 600 \text{ мм}; h = 30 \text{ мм}; K_{10} = 2.08 \text{ мм}^3$$

$$\mu = \frac{5,58Q}{bh^2} = \frac{5,58 \cdot 6294.5}{600 \cdot 30^2} = 2026 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\Delta P_{10} = \frac{Q \cdot \mu}{K_{10}} = \frac{6294.5 \cdot 2026}{2.08} = 6,121 \text{ МПа}$$

Загальний перепад тиску в головці розраховується за формулою:

$$\Delta P = \sum \Delta P_i = 2,84 + 0,03 + 0,04 + 0,35 + 1,719 \cdot 10^{-3} + 0,58 + 6,092 \cdot 10^{-3} + 0,098 + 0,76 + 6,121 = 10,82 \text{ МПа}$$

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ		Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дат			14

1.3.ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

Визначаємо кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами. Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном	$N = 15$ кВт,
Продуктивність до пластифікованого ПЕНТ	$G_M = 22$ кг/год,
Початкова температура матеріалу	$T_{\Pi} = 20$ °С,
Кінцева температура матеріалу	$T_K = 150$ °С,
Температура поверхні кожуха	$T_{\text{кож}} = 45$ °С
Температура повітря	$T_B = 20$ °С,
Ширина теплообмінної поверхні	$B = 0,16$ м,
Довжина теплообмінної поверхні	$L = 1,002$ м,
К.К.Д. приводу преса	$\eta_1 = 0,6$
К.К.Д. електродвигуна	$\eta_2 = 0,9$

1) Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{Q1} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{\Pi}) + Q_{\text{втр}}$$

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

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 15 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 8,1 \text{ Вт}$$

2) $Q_{\text{втр}}$ - втрати тепла в оточуюче середовище:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}}$$

де Q_K - втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{кож}} - T_B)$$

де F – площа теплообмінної поверхні кожуха:

$$F = B \cdot L = 0,16 \cdot 1,002 = 0,16 \text{ м}^2$$

α_K - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначений за формулою:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{B}$$

де Nu – критерій Нуссельта.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		15

λ_M - коефіцієнт теплопровідності при середній температурі,

Критерій Нуссельта визначається за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$$

де Gr - критерій Грасгофа, визначений за формулою:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu^2}$$

$$T = \frac{T_{\text{кож}} + T_B}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходимо значення теплофізичних параметрів та критеріїв подібності при розрахунковій температурі:

$$\lambda_M = 2,69 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} - \text{коефіцієнт теплопровідності}$$

$$\nu_M = 18,95 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}} - \text{коефіцієнт кінематичної в'язкості}$$

$$Pr = 0,7 - \text{критерій Прандля}$$

За формулою знаходимо критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_M^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,16^3 \cdot 9,81}{(18,95 \cdot 10^{-6})^2} \cdot (45 - 20) = 9,16 \cdot 10^6$$

Добуток $Gr \cdot Pr$:

$$Gr \cdot Pr = (9,16 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 6,412 \cdot 10^6$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{4}} = 0,54 \cdot (6,412 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 27,17$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпусу в оточуюче середовище, визначається за формулою:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{B} = \frac{27,17 \cdot 2,69 \cdot 10^{-2}}{0,16} = 4,57 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{кож}} - T_B) = 4,57 \cdot 0,16 \cdot (45 - 20) = 18,28 \text{ Вт}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 5,67 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,16 \cdot \left(\left(\frac{305,5}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 7,3 \text{ Вт}$$

де $\varepsilon = 0,6$ - степінь чорноти матеріала кожуха,

$T_1 = 305,5 \text{ К}$ - абсолютна температура кожуха,

$T_2 = 293 \text{ К}$ - абсолютна температура оточуючого середовища.

Втрати тепла в оточуюче середовище визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}} = 18,28 + 7,3 = 25,58 \text{ Вт}$$

Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{\text{дл}} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{\text{п}}) + Q_{\text{втр}} - Q_N = (22 \cdot 2,46 \cdot (130 - 20)) + 25,58 - 8,1 = 5,97 \text{ кВт}$$

Для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 3 індукційних нагрівників типу ІОТ – 20 потужністю 2 кВт.

1.4. Розрахунок корпусу

Мета: визначити мінімальну товщину стінки корпусу, яка задовольняє умову міцності.

Вихідні дані:

- Внутрішній тиск преса P , МПа	10,82
- Допустиме напруження для Сталі 38Х2МЮА $[\sigma]$, Мпа	580
- Внутрішній діаметр корпусу D , м	0,04518
- Технологічна прибавка C_3 , м	0,0003
- Швидкість корозії ϑ , м/рік	0,0001
- Термін використання τ , років	13,5

Корпус машини черв'ячної – циліндр, який навантажений внутрішнім тиском P . [1]

Розрахункова товщина стінки:

$$S_r = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] - P} = \frac{10,82 \cdot 10^6 \cdot 0,04518}{2 \cdot 580 \cdot 10^6 - 10,82 \cdot 10^6} = 0,0004 \text{ м.}$$

$$S = S_r + C_1 + C_2 + C_3 = 0,0004 + 0,00135 + 0,00005 + 0,0003 = 0,0021 \text{ м}$$

$$S = S_r + C_1 + C_2 + C_3 = 0,0021 + 0,00135 + 0,00005 + 0,0003 = 0,0038 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину стінки $S=0,004 \text{ м.}$

де C_1 - прибавка на компенсацію корозії; C_2 -прибавка на компенсацію мінусового допуску до товщини листа:

$$C_1 = \vartheta \tau = 0,0001 \cdot 13,5 = 0,00135 \text{ м,}$$

$$C_2 = 0,05S = 0,05 \cdot 0,004 = 0,0002 \text{ м.}$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-C)}{D+S-C} = \frac{2 \cdot 580 \cdot 10^6 \cdot 0,318 \cdot (0,004 - 0,0017)}{0,045 + 0,004 - 0,0017} = 17,8 \cdot 10^6 \text{ Па} = 17,8 \text{ МПа}$$

де:

$$\varphi = \arctg \frac{t}{\pi D} = \arctg \frac{45}{3,14 \cdot 45} = 0,318 \text{ рад}$$

Умова міцності корпусу виконується:

$$P < [P], 10,82 \text{ МПа} < 17,8 \text{ МПа.}$$

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		18

1.5. Розрахунок черв'яка на стиск

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 рисунку 4.2.

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{30 \cdot N}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 15 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 120} = 1,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

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

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

Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{D} \cdot \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot 10^3}{0,045} \cdot \operatorname{tg}(0,518) = 17,5 \text{ кН}$$

де $D=0,045$ - зовнішній діаметр черв'яка, м;

$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi \cdot D} = 0,318$ рад - кут підйому нарізки.

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9,81 \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 16}{1,296} = 121,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ ————— } \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}}$$

l_p - довжина робочої частини, м.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		19

$$G = \frac{\pi \cdot (D)^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot (0,045)^2 \cdot 7710 \cdot 1,296}{4} \cong 16 \text{ кг}$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{121,1}{\text{max}} \cdot \frac{1,296^2}{\delta} = 101,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d_1^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,045^3 \cdot (1 - 0^4)}{32} = 8,94 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

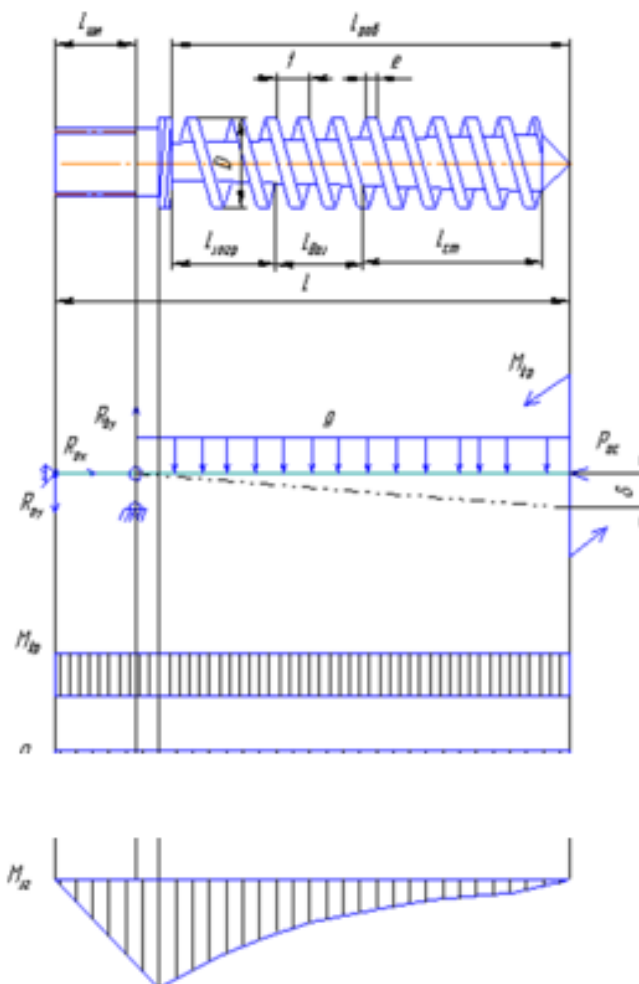


Рис. 4.2 – Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Стискне напруження:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{17,5 \cdot 10^3}{0,002} + \frac{101,7}{8,94 \cdot 10^{-6}} = 20,12 \text{ МПа}$$

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

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,045^2}{4} (1 - 0^2) = 0,002 \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = 0 \quad \text{—}$$

d_0 -діаметр осердя в зоні завантаження;

Дотичне напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{9,15 \cdot 10^{-6}} = 131,15 \text{ МПа}$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,036^3 (1 - 0^4)}{16} = 9,15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{\text{ст}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{(20,12 \cdot 10^6)^2 + 4 \cdot (131,15 \cdot 10^6)^2} = 263,1 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{\text{екв}}} \quad \text{—} \geq [n]$$

Матеріал черв'яка сталь 38Х2МЮА для якої $\sigma_t=580$ МПа

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	.Арк	№ докум.	Підпис	Дат		21

Значення допустимого коефіцієнта запасу зазвичай 1,6...2:

$$n = \frac{665}{265.1} = 2.5$$

Умова міцності черв'яка виконується.

1.6. Розрахунок черв'яка на витривалість

Оскільки черв'як витримує згинальний момент навантаження від циклічної дії власної ваги, доцільна його перевірка на витривалість.

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності під час циклічного навантаження

$$n_{\text{ц}} = \frac{6_{-1}}{(k_{\sigma})_d \cdot 6_{\text{max}} + \psi_{\sigma} + 6_{\sigma}} = \frac{0,4 \cdot 900}{4,643 \cdot 22,6 + 0,25 + 0} = 3,42$$

де $6_{-1} = 0,4 \cdot 6_{\text{в}}$ – допустиме напруження під час циклічного навантаження ($6_{\text{в}}=800\ldots1200$ МПа);

6_{σ} -амплітуда змінювання напружень, у цьому випадку вони змінюються від $+6_{\text{max}} \leq 6_{\sigma} \leq -6_{\text{max}}$

де 6_{max} -найбільші напруження від дії згинального моменту.

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{101,7}{0,45 \cdot 10^{-5}} = 22,6 \text{ МПа}$$

$\sigma_{\text{с}} = 0$ – середнє напруження циклу, оскільки цикл симетричний;

$\psi_{\sigma} = 0,25$; $(k_{\sigma})_d$ – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, який можна знайти за формулою:

$$(k_{\sigma})_d = \frac{k_{\sigma}}{(\beta \cdot \epsilon)} = \frac{1,95}{1 \cdot 0,42} = 4,643$$

де $k_{\sigma}=1,9\ldots2$ – коефіцієнт концентрації напружень;

β – коефіцієнт, який враховує якість поверхні деталі (для полірованої поверхні черв'яка $\beta=1$), $\epsilon = 0,42$ - коефіцієнт, який враховує розмір перерізу деталі і обирається в залежності від діаметра з таблиць.

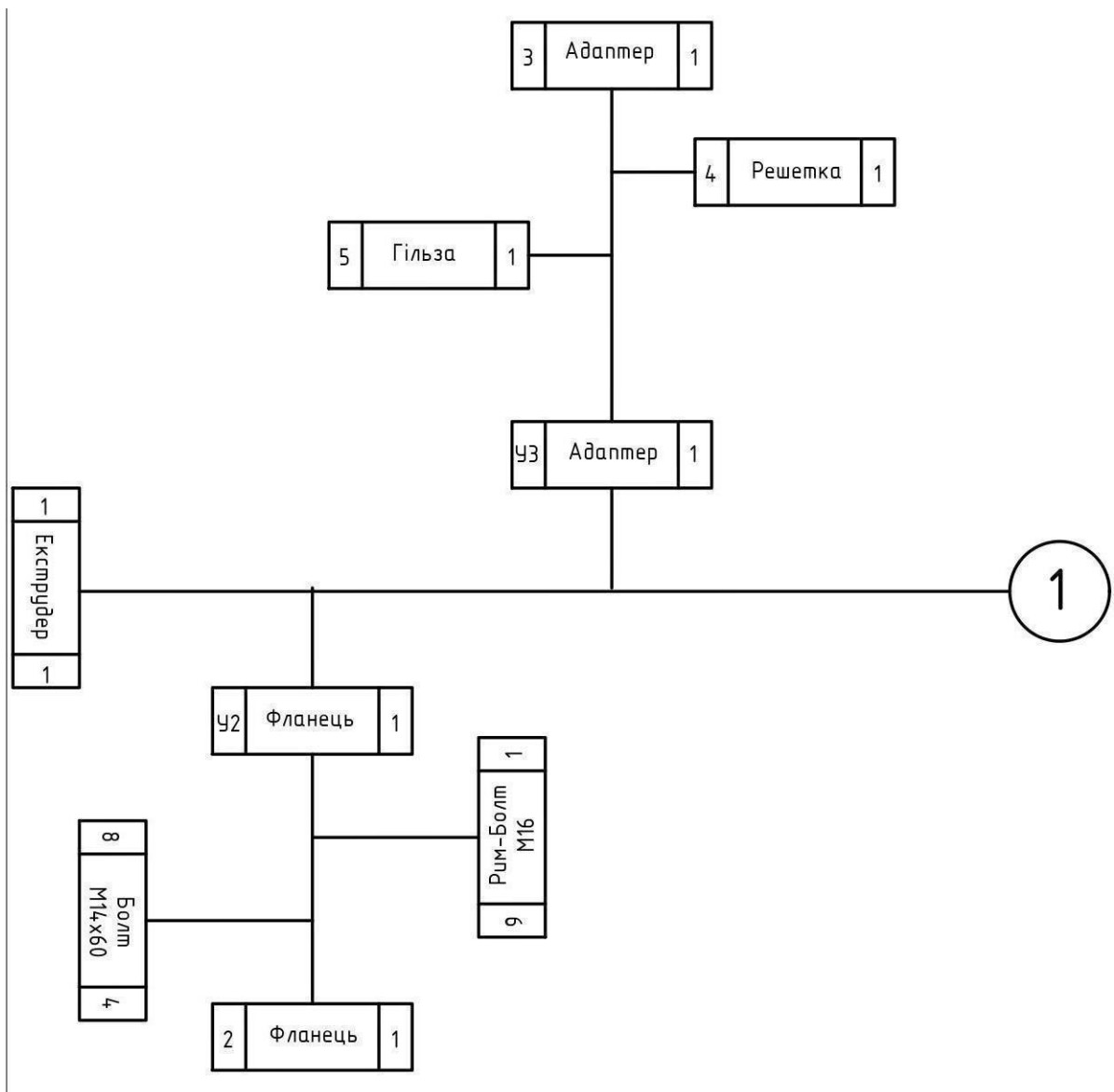
Всі умови розрахунку черв'яка на витривалість виконуються.

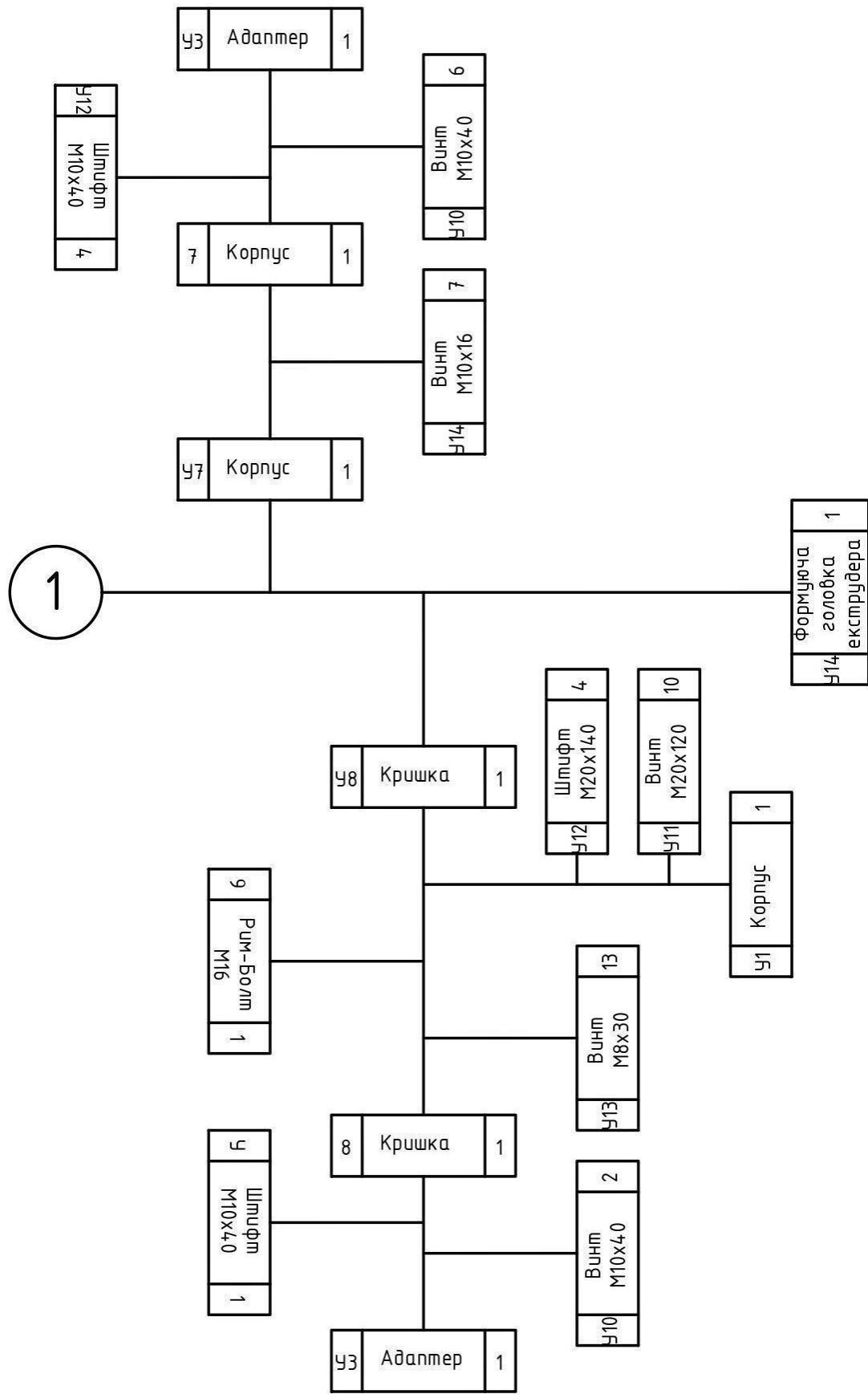
ІІІ РОЗДІЛ «ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ»
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ
НА ТЕМУ: «ЕКСТРУЗІЙНИЙ АГРЕГАТ З
МОРЕДНІЗАЦІЄЮ ГОЛОВКИ»

ЗМІСТ

1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	2
1.1 Схема збирання вузла	2
1.2 Операційна карта збирання вузла	4
1.3 Карта ескізів фундаменту і послідовності монтажу.....	7
1.4 Операційні карта монтажу машини	12
1.5 Схема змащення вузлів машини.....	15
1.6 Таблиця змащування	16
Висновки	17
ЛІТЕРАТУРА	18

					ЛП91.12133.003-70TE		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Руденко М.А.				Екструзійний агрегат з модернізацією головки		
Перевір.	Сівецький В.І.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Борищук С.О.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	20
					КПІ ім. Ігоря Сікорського група ЛП-91		





[illegible]

[illegible]

Ном. документа		Найменування операції					Обладнання (Найменування модель)							
Ном. документа	Ном. операції	Монтаж екструдера												
		Зміст переходу					Технологічний режим, К-сть		Пристосування (код, найменування)		Інструмент (код, найменування)		То, хв	
5		Закріпити кришку до корпуса винтами М20х120 та штифтами М20х140					Винт М20х120 – 10 шт. Штифт М20х140 – 4шт.				Вкрутка Молоток		30	
6		Перевірити герметичність та встановити додаткові нагрівачі											60	

№, № под.	Підпис та дата	Взам. №	№, № двоб.	Підпис та дата										
НТУУ "КПІ"					Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт					Обладнання (Найменування моделі)				
					Найменування операції									
№, № тех.	№, № дир- ект.	Монтаж екструдера												
Зміст переходу					Технологічний режим, к-сть		Листованн я найменування)		Інструмент (код, найменування)		То, хв			
1					Застропити, підняти станину екструдера.		Фундаментний		Електроматль		Тайковий ключ		45	
					встановити фундаменти болти у відповідні отвори		болт - 6 шт.		Q = 5 m		S = 45			
					станци, надіти шайби		Шайба - 6 шт.							
					Навешити гайки, станину опустити за місцем монтажу.		Гайка - 6 шт.							
2					Застропити, підняти черв'як екструдера.		Болт M14 - 6 шт.		Електроматль		Тайковий ключ		50	
					встановити на станину екструдера.		Шайба - 6 шт.		Q = 5 m		S = 14			
					Захрипити черв'як в корпусі до редуктора		Гайка - 6 шт.							
					Навешити гайки, опустити за місцем монтажу.									
									Розробити		Ізачніков		Лист	
									Перезвирити		Воршик		1	
									Загвердити		Сокольський		Лист	
									Н. контр.				3	
№, № м.					Лист		№ докум.		Підпис		Дата			

№ позиції	Найменування і позначення змасчувального в'язка	Найменування змасчувального матеріалу	Кількість точок змасчування	Спосіб нанесення мастила	Періодичність
1	Вузол опірного підшипника	Масило ТАП-15 ГОСТ 23652-79	3	До місць змасчування мастила потрапляє по системі вимушеного змасчування від насосу	Зміну мастил проводити один раз на 6 місяців.
2	Підшипник електродвигуна	Згідно з інструкції заводу виробника			
3	Редуктор	Солидол М та мастило індустріальне 30 ГОСТ 20799-75	4	З'єднання змасчуються за допомогою пресмастилок	Зміну мастил проводити один раз на 6 місяців.
4	Підшипник електродвигуна вентилятора	Згідно з інструкції заводу виробника			

Висновки

У межах даної курсової роботи було розроблено екструдер розміром 45×25, який входить до складу лінії виробництва листових виробів. Курсова робота також включає розділи, що підтверджують розробку та її доцільне застосування у галузевому машинобудуванні, такі як монтаж та експлуатація.

Бакалаврська дисертація містить вступ, призначення та галузь застосування трубного агрегату, технологічну лінію для виготовлення листових виробів, технічну характеристику преса ЧП - 45, опис конструкції, її основних частин та принципу дії, літературно-патентний огляд, відповідність преса до вимог охорони праці. Також наведені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції екструдера 45×25.

У проекті виконані креслення: лінія для виробництва листових виробів, екструдер, плоскощільна формуюча головка з модернізацією, шнек та завантажувальна воронка.

Модернізація даної бакалаврської дисертації полягає у вдосконаленні конструкції екструдера, зокрема встановленні модернізованої формуючої головки, метою якої є розширення функціональних можливостей головки.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Список використаної літератури

1. Басов Н. И., Казанков Ю. В., Любартович В. А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Машины и аппараты химических производств" и "Машины и технология переработки полимерных материалов в изделия и детали" - М: Химия, 1986. – 488 с., ил.
2. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс – Л. ГИХП, 1962. С.74
3. Патент №102027 Україна, В29С 47/16, Формуюча головка екструдера з регульованим перепадом тиску/ Носко С.В., Шевчука О.А, опубл. 12.10.2015.
4. Патент №128757 Україна, В29С 47/00, В29С 47/70, В29С 47/12, Формуюча головка екструдера/ Сацердотов А.О.,Двойнос Я.Г., опубл. 10.10.2018.
5. Авторське свідоцтво 138653 SU, В29С 47/14, В29С 47/18, Екструзійна плоскощільова головка/ Вдовенко П.К., опубл. 23.03.1988.
6. Авторське свідоцтво 1395521 SU, В29С 47/12, В29С 47/18, Екструзійна плоскощільова головка/ Шевченко А.В.,Гетманенко Н.Ф., Лиресев С.Ф.,Соловьев А.И., опубл. 15.05.1988.
7. Авторське свідоцтво 1595664 SU, В29С 47/16, В29С 47/18, Головка екструдера для переробки пластмас/ Сенатос В.А.,Лавренюк Е.К., опубл. 30.09.1990.
8. Патент №110744741 CN, В29В 9/04, В29С 4/08, Двухвалковий екструзійний гранулючий пристрій/ Цзен Гуаншен, Цзян Тайцзюнь,Инь Чен, Мен Цун, опубл.11.17.2019.
9. Патент №204431755 CN, В29D 7/01, Лінія виробництва пластмасових листів/ ТуБихун,Хуан Цзяньюй, опубл. 12.02.2015.
10. Патент №209718568 CN, В29С 48/31, Екструзійна головка плоскощільового типу / Лю Цзюнь, Гуань Цзиндан опубл. 18.03.2019.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат		18

11. Патент №210453651 CN, B29C 48/09, , B29C 48/25, B29L 23/00, B29K 23/00, Екструдер для виробництва поліетиленових труб з регульованими головками / Хе Бинлянь, опубл. 26.08.2019.

12. Патент №2251485 RU, B29C 47/16, Екструзійна плоскощільова головка з регульованим профілем формуючого каналу / Остриков А.Н.,Платов К.В., Попов А.С.,Соколов И.Ю., опубл. 10.05.2004.

13. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г. "Вплив теплоізоляції футерівки на теплообмін обертових апаратів". Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2022. №2(21). с. 22-33. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2022.260342>

14. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

15. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. -

16. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016).

17. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016.

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
						19
Зм	.Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

18. Іванніков В.Е., Борщик С.О. Модернізація плоскощільової головки екструдера// Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки:зб. наук. праць за матеріалами XIV Всеукр. наук.-практ.конф. (Київ, 13-14 грудня 2022 р.). - К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2022.

19. 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>

20. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

21. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

22. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society. Marketing and Management of innovations. – 3’2017, - P. 245-256. - DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 - Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

23. Щербина В.Ю., Гондляр О.В., Сівецький В.І. Іжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Механічне обладнання для виробництва в'язучих будівельних матеріалів [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 147 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45720>

					ЛП91.12133.001-70 ПЗ	Арк
						20
Зм	.Арк	№ докум.	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ