

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: **Екструдер для переробки термопластів з модернізацією приводу**

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

Керівник проекту _____ *професор, кандидат технічних 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 (-ка) _____

Київ 2021 рік

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

Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

зі спеціальності –133- *Галузеве машинобудування*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Костюченко Дмитро Олександрович

1. Тема проекту «Екструдер для переробки термопластів з модернізацією приводу », керівник проекту Сівецький Володимир Іванович, професор, кандидат технічних наук , затверджені наказом по університету від 26. 04.2021 р. № 1071

2. Термін подання студентом проекту 07 .06.2021р.

3. Вихідні дані до проекту

Вихідні дані до проекту . об'єкт розробки – ЧП 45x20; діаметр черв'яка – $d=45$ мм; частота обертання черв'яка – $n=75$ об/хв; матеріал, що перероблюються- пвх; головка для формування труб $D=5$ мм.

4. Зміст пояснювальної записка містить такі текстові частини: «Пояснювальна записка», «Розрахунки» і «Технологія машинобудування», «Загальні висновки», «Перелік посилань», «Додатки». ПЗ включає такі розділи: Вступ; 1 Призначення і галузь застосування екструдера; 2 Технічні характеристики екструдера ЧП45x20; 3 Опис конструкції та призначення екструдера ЧП45x20; 4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації ; Розрахунки що підтверджують працездатність; 5 Охорона праці; 6 Очікувані механіко-економічні показники; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу 7

1. Плакат технологічна лінія виробництва труб.ТС.А1
2. Екструдер одношнековий. ЗВ.А1
3. Модернізований одночерв'ячний екструдер. СК.А1
4. Головка трубна. ЗВ.А1
5. Черв'як. ЗВ.А1
6. Плакат розрахунки на міцність гільзи екструдера в системі Ansys.А1
7. Трикулачковий самоцентруючий патрон.СК.А1

6. Консультанти розділів проекту*

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

7.Дата видачі завдання 12.04.2021

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Технічна характеристика.	12.04.2021	
2	Призначення та галузь використання.	12.04.2021-16.05.2021	
3	Опис конструкції та принцип дії.	12.04.2021-20.04.2021	
4	Літературно-патентний огляд, та вибір модернізації.	21.04.2021-26.04.2021	
5	Розрахунки, що підтверджують працездатність.	27.04.2021-02.05.2021	
6	Підготовка розділу «Охорона праці»	03.05.2021-10.05.2021	
7	Підготовка розділу «Технологія машинобудування.»	11.05.2021-18.05.2021	
8	Висновки.	24.05.2021	
9	Графічна частина.	24.04.2021-06.06.2021	
10	Здача дипломного проекту	14.06.2021	

Студент

Костюченко Д.О.

Керівник проекту

Сівецький В. І.

Реферат

Дипломний проект бакалавра на тему: «Екструдер для переробки термопластів з модернізацією приводу». Виконавець – студент групи ЛП-72 Костюченко Д.О., керівник – професор, кандидат технічних Сівецький І.В.

Дипломний проект (ДП) містить текстову і графічну частини. Текстова частина має 3 розділи і додатки, загальний обсяг – 84 сторінки, 33 ілюстрацій, 2 таблиці, 14 джерела посилань. Графічна частина містить 7 креслень (загальний обсяг 6 аркушів креслень формату А1, 1 плакат з результатами розрахунків).

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

Мета розробки – проектування та модернізація екструдера, зокрема його до оснащення додатковим приводом. Під час проектування проведено патентний пошук, який дозволив визначити напрямок модернізації і провести конструкторську розробку модернізованого черв'ячного преса. Для базового і модернізованого екструдера проведені теплові розрахунки, які підтвердили ефективність модернізації, яка забезпечує стабільний температурний режим роботи екструдера, що сприяє одержанню продукції високої якості.

З урахуванням покращення теплових характеристик і підвищення якості продукції конструкція модернізованого екструдера може бути рекомендована для підприємств промисловості переробки пластмас.

По результатам роботи подана заявка на патент на корисну модель

Ключові слова: ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ПРЕС, ТРУБИ, ЧЕРВ'ЯК, КОРПУС.

Abstract

Bachelor's thesis project on the topic: "Extruder for processing thermoplastics with drive modernization". Executor - student of group LP-72 Kostiuchenko D.O., head - professor, candidate of technical Sivetsky I.V.

The diploma project (DP) contains text and graphic parts. The text part has 3 sections and appendices, the total volume - 84 pages, 33 illustrations, 2 tables, 14 sources of links. The graphic part contains 7 drawings (the total volume of 6 sheets of drawings in A1 format, 1 poster with the results of calculations).

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

The purpose of development is the design and modernization of the extruder, in particular to equip it with an additional drive. During the design, a patent search was conducted, which allowed to determine the direction of modernization and to carry out the design development of the modernized worm press. Thermal calculations were performed for the basic and modernized extruder, which confirmed the efficiency of modernization, which provides a stable temperature regime of the extruder, which contributes to high quality products.

Given the improved thermal characteristics and improved product quality, the design of the upgraded extruder can be recommended for plastics processing companies.

Based on the results of the work, a patent application for a utility model was filed

Keywords: WORM PRESS, PIPES, WORM, HOUSING.

Зміст дипломного проекту

Реферат (укр.)	1
Реферат (англ.).....	1
Перелік позначень	1
Пояснювальна записка	26
Розрахунки	22
Технологія машинобудування	15
Загальні висновки	2
Перелік посилань	2
Додатки	5

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_p – 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/

N – потужність, кВт

n – частота обертання черв'яка

P – тиск розплаву, МПа

η – ККД розплаву

Q – продуктивність, кг/год

E – модуль пружності, МПа

σ_T – границя текучості, МПа

ν – Коефіцієнт Пуассона

Скорочення:

ЧП – черв'ячний пресс

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту
на тему: «ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ
ТЕРМОПЛАСТІВ З МОДЕРНІЗАЄЮ ПРИВОДУ»**

Київ – 2021 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБУ, ЯКИЙ ПРОЕКТУЄТЬСЯ.....	3
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКСТРУДЕРА.....	8
3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ , ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ЕКСТРУДЕРА.....	9
4 ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.....	14
4.1 ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ	17
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	19
6 ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ	25
ВИСНОВКИ.....	26

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	ПП-72 10 7243 001-70ПЗ	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб</i>		<i>Костюченко</i>			<i>Екструдер для переробки термоластів з модернізацією приводу</i>			
<i>Пров</i>		<i>Сівецький</i>					1	25
<i>Н. Контр.</i>					<i>“КПІ” ім. Ігоря Сікорського ІХФ</i>			
<i>Утв</i>		<i>Гондлях</i>						

ВСТУП

Екструзія являє собою безперервний технологічний процес, в результаті якого готові вироби виходять за допомогою продавлювання розплавленого матеріалу крізь формуючу екструзійну головку. Матеріал, який використовується в процесі екструзії, характеризується високим рівнем в'язкості, а вироби виходять з поперечним перерізом потрібної форми.

Виготовлення виробів із полімерів, та вчасності зтермопластів є одним із провідних та важливих напрямів в промисловості нашого часу. Створення виробів із пластичних мас зазвичай виконується за допомоги екструзійних машин, грануляторів, ліній, що мають в собі черв'ячні та шнекові преси. Тому обрана тема відповідає сучасним вимогам.

Переробляє сировину нагрівається за рахунок тепла, що виділяється в процесі подолання внутрішнього тертя і деформації матеріалу, а також завдяки зовнішньому нагріванню. Екструзійної обробці можуть піддаватися майже всі основні види полімерів: термопласти, еластомери, реактопласти.

До основних типів обладнання для переробки полімерних матеріалів за допомогою методу екструзії можна віднести одношнекові, двухшнекові, поршневі і дискові екструдери.

В даному дипломному проекті розглядається «Черв'ячний прес для виготовлення труб з термопластів». В якості базової конструкції розглядається ЧП 45x20[3-4].

Метою дипломного проекту є вдосконалення конструкції екструдера за рахунок його дооснащення гільзою на межі зоні пластикації та дозування яка обертається завдяки додатковому незалежному приводу. Це забезпечить підвищення ступеню гомонегізації перероблюваного полімеру, та якості формуючих виробів.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується

Черв'ячний прес для переробки термопластів [4], на лінії виробництва, призначен для виготовлення труб діаметром 5 мм з стінкою товщиною 0.5 мм. екструзії, який полягає у безперервному проштовхуванні розплаву полімерного матеріалу крізь формуючий кільцевий зазор трубної екструзійної головки.

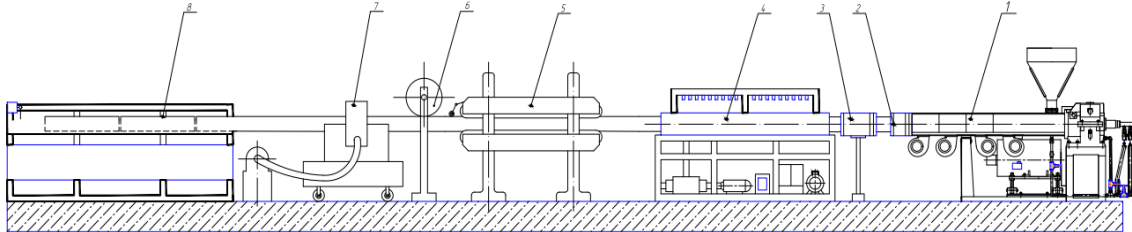


Рис. 1.1. Типов технологічна-схема виготовлення полімерних труб.

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 виробництва полягає у тому, що матеріал перероблюється, у вигляді гранул завантажується у завантажувальний пристрій, звідки потрапляє до горловини черв'ячного преса ЧП 45×20 де пластикується та видавлюється крізь отвір трубної формуючої головки у вигляді труби. З формуючої головки труба 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.

Протягування труби проходить крізь ванну охолодження, здійснює цей процес машина тягнуча, після чого подає трубу на відрі зальний пристрій, де кінцевий продукт поділяється на відрізки. Частина труб подаються на лоток приймальний і за сигналом кінцевого вимикача скидаються у нагромаджувану зону. У нагромаджуваній зоні утворюється процес нагромадження пакета з подальшою перев'язкою його власноруч металевою або пластмасовою стрічкою.

Екструдер черв'ячний ЧП 45×20 призначений для переробки гранульованих термопластів в однорідних розплавах та рівномірно видавлених крізь формуючу головку.

Формуюча головка має прямо-рушійну конструкцію з дорном кошикового типу. Декілька наборів змінних інструментів (дорнів та матриць) дозволяє виготовляти труби різноманітних діаметрів з іншими параметрами. Обігрів головки здійснюється електронагрівниками опору. Використання візка для монтажу складальних одиниць, що входять до складу головки, запобігає зайвій втраті швидкості та більш зручнішому здійсненню монтаж та демонтаж головки.

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

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

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

Корпус ванни представляє 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 встановлені вузли роликів важільного типу, які можуть бути над трубою. Рама являє собою зварену 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 переміщення у дві площини для центрування його осі з віссю головки. Вертикальне переміщення здійснюється за рахунок регулювання положення осі коліс відносно рами. Поперечне пересування ванни здійснюється за рахунок поперечного переміщення осі коліс.

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

Тягнуча машина складається з основи, траверси верхньої, траверси нижньої, ланцюга тракового, привода переміщення нижньої траверси, гвинта переміщення верхньої траверси, пульта управління та напрямних роликів. Привод руху 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.

Відрізний пристрій призначений для відрізання труб з полімерних матеріалів на частини заданої довжини і встановлюється у лінії після тягнучої машини. 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

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 управління. Відрізний пристрій може працювати у двох режимах: напівавтоматичному та автоматичному за сигналом від приймального пристрою.

Приймальний пристрій призначений для приймання труб, 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 пластины, 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.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКСТРУДЕРА

В таблиці 2.1. представлено технічні характеристики екструдера.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики екструдера

	Назва параметру	Позначення параметру	Одиниці виміру	значення
1	Номінальний діаметр черв'яка	D	м	0,045
2	Відношення робочої довжини до діаметру	D/L	-	20
3	Частота обертання черв'яка	n	об/хв	75
5	Потужність двигуна	-	кВт	10
6	Габаритні розміри пристрою	L	м	1.6
		S	м	2,88
		H	м	1,2
7	Матеріал черв'яка	-	-	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
8	Внутрішній діаметр гільзи	D1	м	0,045
9	Зовнішній діаметр гільзи	D2	м	0,085
1	Зовнішній діаметр корпусу	D3	м	0,085

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ , ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ ЕКСТРУДЕРА

Конструкція однечерв'ячного екструдера продемонстровано на рис.3.1. Таким чином полімерний матеріал з бункера 3 надходить в матеріальний циліндр 2, захоплюється обертовим черв'яком 1 і транспортується до формуючої голівки, фрагмент якої показаний позицією 7. При цьому полімер в першій, що живить, зоні черв'яка 11 розм'якшується і ущільнюється в пробку, в зоні стиснення 12 він розплавляється , а в зоні дозування І3 гомогенізується і готується до подачі в формующую головку. Для забезпечення необхідного теплового режиму і умов транспортування на матеріальному циліндрі встановлені зонні кільцеві нагрівачі 5 з індивідуальними вентиляційними пристроями; ділянку циліндра поблизу завантажувального отвору охолоджується водою по каналах 4, а для контролю температури служать термопари 6. Конструкція черв'яка, як правило, передбачає його внутрішнє охолодження водою, яка подається і відводиться через пристрій 10. Черв'як отримує обертання від електромеханічного приводу, що складається з електродвигуна 12 постійного або змінного струму і редуцируючої механічної передачі 9. Осьове зусилля, що діє на черв'як в напрямку, протилежному транспортуванню розплаву, сприймається підшипниковий вузлом 11. Всі робочі вузли екструдера змонтовані в корпусі 8.

Основні інформацію було взято у [3]

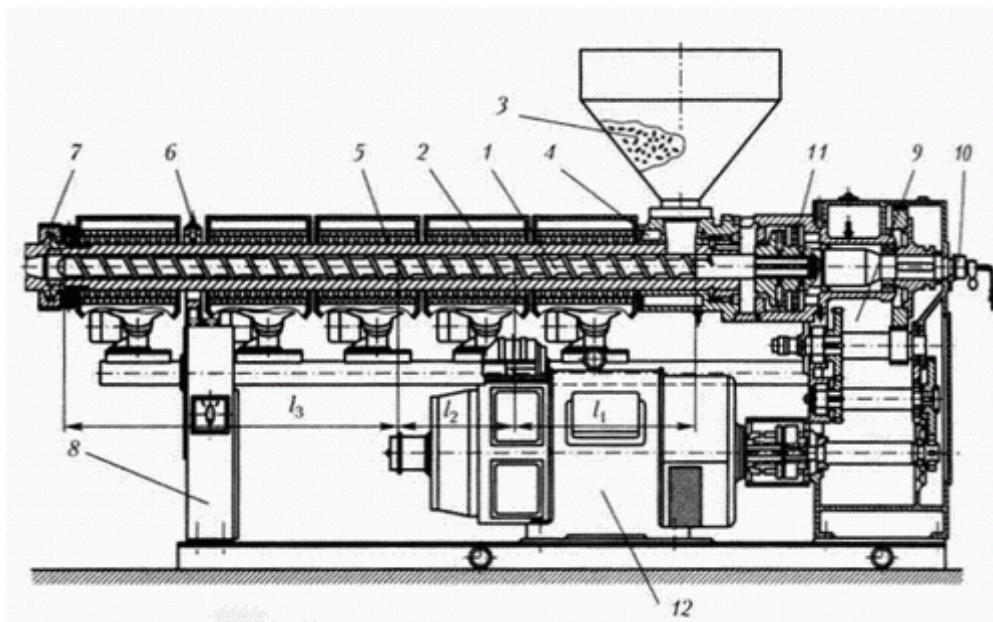


Рис. 3.1 Однечерв'ячний екструдер:

1-шнек; 2-матеріальний циліндр; 3-завантажувальний бункер; 4-охолоджуючі канали; 5-кільцеві зонні нагрівачі; 6-термопари; 7-формуюча голівка; 8-корпус екструдера; 9-механічна передача; 10-патрубок для відводу води, що охолоджує; 11-підшипниковий вузол; 12-електродвигун.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Черв'як. Служить для переміщення матеріалу повздовж нього і подачі розплаву під певним тиском в формующую головку.

Основні геометричні параметри черв'яків є: діаметр, довжина, зонність, глибина каналу по зонам, крок, напрямок гвинтової лінії, а також коефіцієнт стиснення, що демонструє відношення обсягу одного витка гвинтового каналу в зоні завантаження до обсягу одного витка в іншій зоні дозування.

Для переробки термопластів зазвичай використовують циліндричні черв'яки з постійним кроком і змінною глибиною гвинтового каналу. Вони порівняно прості у виготовленні та демонструють високу продуктивність. Чим більше діаметр черв'яка, тим вища продуктивність екструдера.

Довжина черв'яків L характеризується її ставленням до діаметру D . Співвідношення змінюється в інтервалах від 8 до 35.

Зміна глибини каналу по довжині на відрізки зони залежить від фізико-хімічних властивостей термопластів.

Існують основні три групи черв'яків, які призначені для переробки термопластів:

1. з високим вмістом кристалічної фази (полиолефени, поліаміди);
2. частково-кристалізуються, аморфні полімери (полістирол, ПЕНП);
3. аморфні полімери з низькою термостабільністю (полівінілхлорид).

Для переробки полімерних матеріалів, що піддаються деструктуризації (ПВХ, ПФ, ацетілцеллюлозні Етроли і ін.), успішно застосовуються так звані двошнекові екструдери. У черв'яків подібних екструдерів слідом за зонами завантаження і стиснення наступна зона дегазації глибина нарізки якої істотно збільшена. Для запобігання перенаповненню зони дегазації розплавом, на сам перед нею черв'яка передбачено невелику локальну зону зі зворотню різьбою, що утворює опір прямому потоку.

Циліндр призначений для нагріву для нерівномірного по довжині нагрівання полімерного матеріалу; так як не допускається різких температурних коливань внаслідок циклічності нагріву-охолодження при терморегулюванні. На робочу поверхню циліндра впливають термохімічні процеси, які супроводжують пластикації полімеру, його стиранню абразивом, що входять до складу матеріалу, який переробляється. Все це зумовлено застосуванням як монолітних, нероз'ємних циліндрів, так і секційних конструкцій, що складаються з різних частинок, які об'єднуються

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фланцевим сполученням. Крім того, нерідко в циліндрах застосовують запресовані гільзи, виготовлені з високолегованих сталей, хрому та з частинкою нікелю.

Завантажувальна зона секційного циліндра має канали або отвір для охолодження.

Привід екструдера забезпечує плавне регулювання числа обертів черв'яка і стабільність обраного двигуна. Черв'ячний прес (рис.3.1) працює таким чином.

Головним робочим елементом пресів є товстостінний циліндричний корпус, в якому обертається черв'ячний-шнек. У черв'яках, діаметр може бути від 20 до 500 мм і більше, характеризуються геометричним профілем поперечного перерізу каналу, довжиною нарізки, кроком, ступенем стиску і числом заходів нарізки.

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

Пересування супроводжується інтенсивним деформуючим станом матеріалу та зростанням тиску.

Одночасно відбуваються самі різні види процесів: нагрівання матеріалу завдяки енергії дисипації та енергії, що утворюється 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 збір матеріалу, що переробляється, і його транспортування в напрямку зони плавлення й ущільнення. Для підвищення продуктивності зона завантаження виконується з великим об'ємом гвинтового каналу черв'яка.

У зоні плавлення відбувається розплавлення полімерного матеріала, його ущільнення і дегазація. Для ефективного утворення 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 змішання розплаву і підвищення тиску, під дією якого розплав продавлюється через формуючий інструмент.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина зонах дозування, плавлення і живлення 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. Вона складається із корпусу і вставної гільзи. На зовнішній поверхні корпусу воронки завантажувальної встановлений електродвигун.

Температура поверхні гільзи контролюється за допомогою переутворювача термоелектричного, в комплекті із вторинним пристроєм. Корпус має форму товстостінного циліндра, який з'єднаний фланцем до воронки завантажування. Корпус має декілька зон обігріву електронагрівачами опору. Охолодження зон корпусу здійснюється від декілька незалежних вентиляторів. Для контролю температури корпусу на ньому встановлюють переутворювачі 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.

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.

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

З метою вдосконалення базової конструкції екструдера у даному проекті проведено літературно патентний огляд.

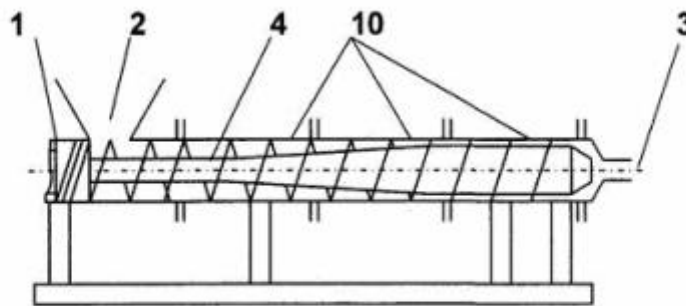
4. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД.

Метою літературно-патентного огляду є пошук напряму модернізації базового екструдера який представлений у [1]

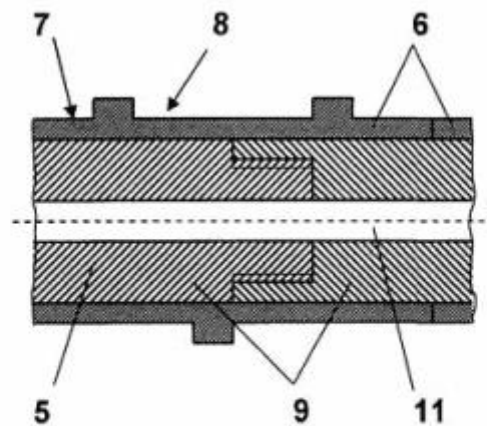
					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліком даної конструкції ЧП є не узгодження зон продуктивностей та низька якість виробу зтермопласту. У [5-9] наведені варіанти вдосконалення ЧП, з яких була обрана ідея для модернізації даної конструкції та усуненню недоліків.

У роботі [5] запропоновано одночерв'ячний екструдер, що зроблений споряджувально завантажувальними і розвантажувальними отворами корпусу, у порожнині якого є можливість обертання встановленого черв'яка, при цьому ділянку порожнини корпусу з боку завантажувального отвору виконано циліндричною з поздовжніми пазами.



Фіг. 1

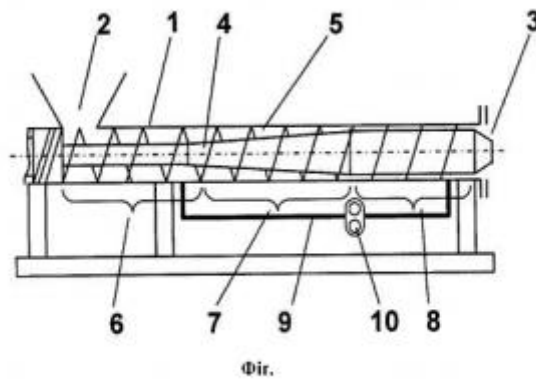


Фіг. 2

Ціль даного патенту вдосконалення екструдера, в якому нове конструктивне виконання його корпусу, що забезпечує достатній коефіцієнт тертя між стінкою корпусу й перероблюваним матеріалом на ділянці порожнини корпусу з боку завантажувального отвору без інтенсивного руйнування компонентів перероблюваного матеріалу.

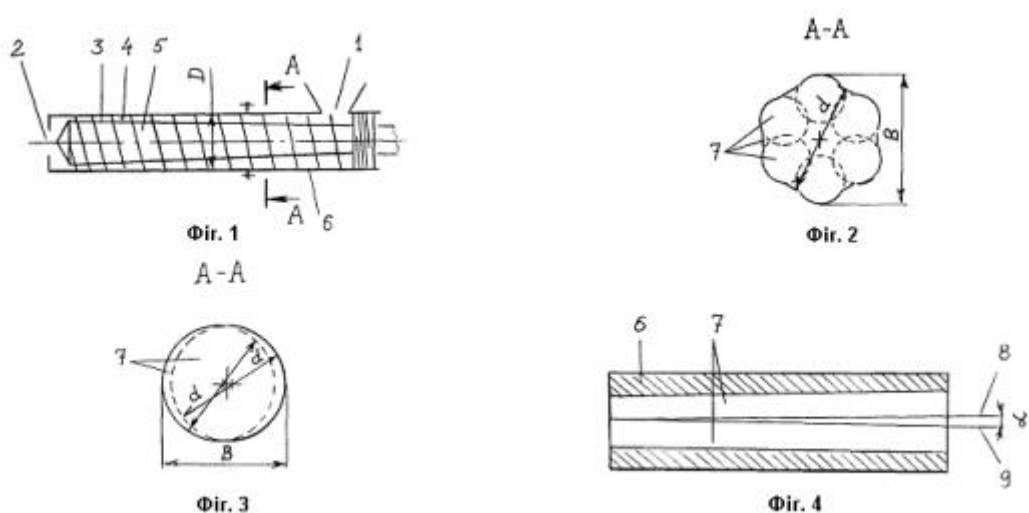
					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

У патенті [6] запропоновано черв'ячний екструдер, що містить корпус із щонайменше одним завантажувальним і розвантажувальним отвором, а також розміщеним у ньому щонайменш одним черв'яком з можливістю обертання.



Ціль даного патенту вдосконалення черв'ячного екструдера, у якому виконання черв'яка є з можливістю регульованою геометрією, а також виконання осердя черв'яка та корпуса екструдера по довжині з окремих секцій, що забезпечує можливість швидкої зміни розмірів екструдера, а отже і можливість ефективної переробки широкого класу матеріалів.

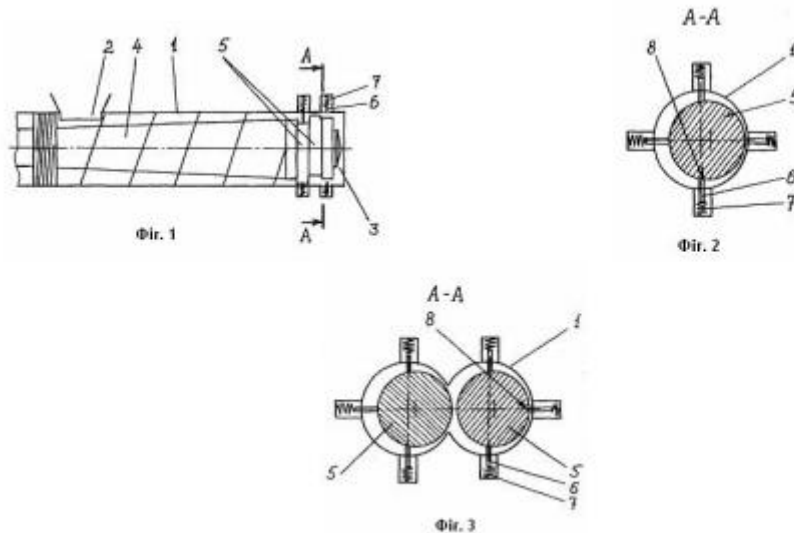
У винаході [7] запропоновано черв'ячний екструдер, що містить корпус із завантажувальним і розвантажувальним отвором, а також розміщеним у ньому черв'як з можливістю обертання, нарізка якого з внутрішньою поверхнею корпуса утворює робочий канал з послідовно розташованими зонами подавання, плавлення й гомогенізації, при цьому зони подавання й гомогенізації сполучені між собою розплавопроводом.



					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Ціль даного патенту є вдосконалення черв'ячного екструдера, у якому нове виконання розплавопроводу шестеренним насосом, що забезпечує надійне подавання частки розплаву із зони гомогенізації в зону подавання, а отже сприятиме інтенсивному плавленню вихідної полімерної сировини за будь-яких параметрів роботи екструдера і властивостей сировини.

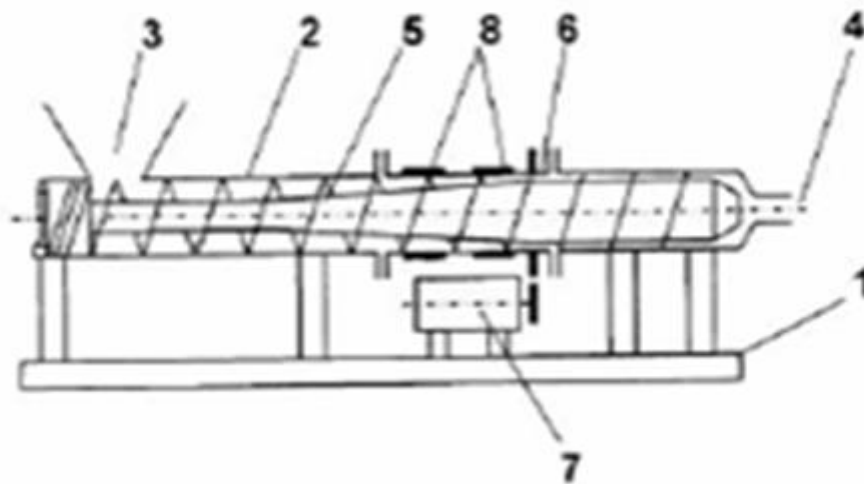
У в розробці [8] запропоновано черв'ячний екструдер для переробки композиційних матеріалів на основі полімерів, що містить порожнистий корпус із завантажувальним і розвантажувальним отворами, розташований у ньому.



Ціль даного патенту вдосконалення одночерв'ячного екструдера, що містить споряджений завантажувальний і розвантажувальний отвір корпусу, у порожнині якого є можливість обертання змонтованого черв'яка, порожнина корпусу на ділянці з боку завантажувального отвору, виконана у вигляді щонайменше двох циліндричних каналів, які перетинаються між собою

У корисній моделі [9] запропоновано одночерв'ячний екструдер, що містить порожнистий корпус, який обертається навколо шнека завдяки незалежному додатковому приводу.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

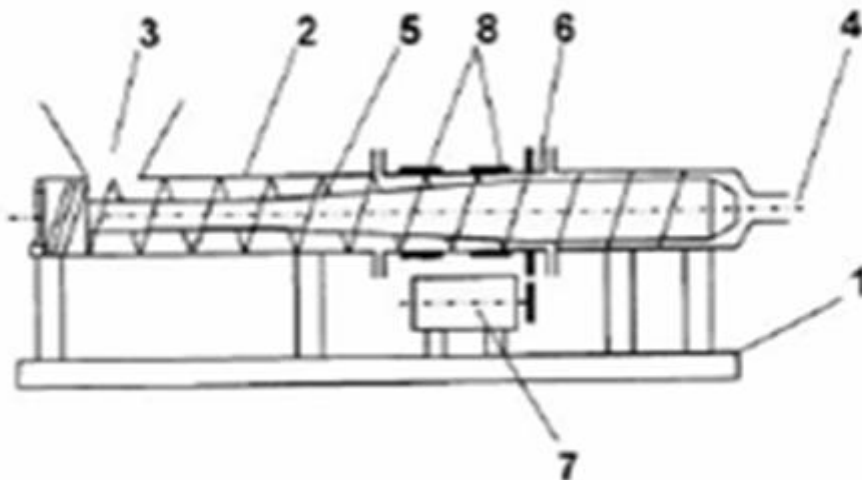


Дане конструктивне рішення полягає у узгодженні продуктивності із щонайменше одного завантажувального і розвантажувального отвору, а також розміщеним у ньому черв'яком з можливістю обертання, який відрізняється тим, що щонайменше одна ділянка порожнистого корпусу виконана з можливістю обертання незалежним додатковим приводом.

4.1 ОБГРУНТУВАННЯ ОБРАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Як демонструє літературно-патентний огляд, доцільніше до теми диплома та ефективніше використати рішення [9]

У запропонованій конструкції можна завдяки додатковому незалежному приводу з'являється можливість регулювати оберти додатково встановленої гільзи, що дозволить підвищити якість гомонізації полімеру.



					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Вдосконалена конструкція одночерв'ячного екструдера містить встановлений на станині 1 корпус 2 із завантажувальним 3 і розвантажувальним 4 отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком 5. При цьому ділянку 6 (одну або декілька) корпусу 2 виконано складальними по товщині з можливістю обертання вмонтованих в неї гільзи від привода 7 (у тому числі при необхідності може бути виконано декілька таких ділянок гільзи з індивідуальними приводами). Кожна з додатково встановлених гільз в ділянці 6 також може бути споряджена індивідуальними системами 8 нагрівання та/або охолодження, а також контролю та регулювання чисел обертів гільз.

Використання запропонованого удосконалення зони пластикації екструдера за рахунок його до оснащення обертовою гільзою дозволяє покращити умови процесів переробки полімерних матеріалів у різноманітних виробках.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці

Охорона праці вивчає можливі причини нещасних випадків на виробництві, професійні захворювання, вибухи, пожежі, створення безпечних для людини умов праці, а також розробляє систему заходів для усунення цих причин. Основоположним законодавчим документом в галузі охорони праці є Закон України "Про охорону праці", прийнятий Верховною Радою України 14 жовтня 1992 року.

Цей Закон 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 в Україні. Дотримання законодавчих нормативних актів про охорону праці веде до зниження травматизму на виробництві.

Згідно до теми дипломного проекту "Екструдер для переробки термопластів з модернізацією приводу" для безпечних умов обслуговуючого персоналу на хімічному підприємстві, виконують дії, що відповідають державним та галузевим стандартам, а також санітарним нормам та правилам.

Випадки травматизму, професійно зумовлених захворювань, які мають місце на підприємствах часто виникають через порушення відповідних норм техніки безпеки, виробничої санітарії та пожежної безпеки при проектуванні підприємств, технологічних процесів, основного та допоміжного виробничого устаткування. Частіше недоліки або помилки, допущені в проектуванні, стають побічними або безпосередніми причинами аварій, пожеж, вибухів, нещасних випадків, професійно зумовлених захворювань. Тому розробка комплексу питань з охорони праці є обов'язковою вимогою.

Для зниження травматизму на виробництві був проведений науковий аналіз умов праці, в результаті якого були визначені небезпечні виробничі фактори, які виникають при експлуатації одночерв'ячного екструдера лінії для вироблення ПВХ профілю. Шкідливими та небезпечними виробничими факторами є пожежна небезпека, виробничий шум, виробниче освітлення, повітря робочої зони.

Настадії експлуатації та в процесі обслуговування оператор знаходиться в цеху з площею приміщення $S=420 \text{ м}^2$ і об'ємом приміщення $V=2800 \text{ м}^3$.

Характеристика виробничих факторів

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шкідливими та небезпечними виробничими факторами є:

- пожежна безпека;
- виробничий шум;
- виробниче освітлення;
- повітря робочої зони.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Повітря робочої зони

Умови роботи на розроблюваному екструдері та лінії в цілому за ГОСТ 12.1.005-88/98 відносяться до категорії середньої тяжкості (енерговитрати 150...200 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 $t=21-23^{\circ}\text{C}$),

відносної вологості (60–40%), а також кількості шкідливих речовин, що виділяються машиною при плавленні ПВХ, при цьому виділяється окис вуглецю, не крайові вуглеводороди, органічні кислоти, альдегіди і інші токсичні речовини.

Таблиця 5.2 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
Холодний період року	Легка I	19-25	19-20	$V>75$	40-65	$V>0,2$	0,2
Теплий період року	Легка I	19-25	21-25	$V>75$	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.

Засобами захисту органів дихання можуть бути одноразові маски, респіратори, протигази, для зменшення шкідливої дії, повітряні апарати МПА, в разі пожежі чи збільшеними викидами небезпечних речовин, при ліквідації витоків газу чи шкідливих рідин.

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 $360 \text{ м}^2/\text{год}$. Видалення шкідливих речовин супроводжується подальшим очищенням повітря, що відповідає вимогам ГОСТ 12.1.005-88/98.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробничий шум

Шум, який утворюється при роботі екструдера та іншого обладнання 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 гідро аеродинамічний.

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 шуму вихлопа. Звукоізолююча здатність дверного проїому приміщення повинна бути не нижче 30 дБА.

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

Для зменшення шуму елементів, що обертаються, необхідно слідкувати за рівнем мастила в підшипникових вузлах. Мікрофон при вимірюванні рівня звуку встановлено на висоті 1,5-1,8 м від підлоги. Ці заходи дозволили знизити рівень шуму до 65 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

Освітлення на робочих місцях

Для цеху висотою 6 м, в якому знаходиться лінія для виготовлення ПВХ профілю, передбачено природне і штучне освітлення. Для світильників штучного освітлення підходять світильники типу ДРЛ 400 (діаметр: 395 мм; висота: 552 мм; потужність: 250Вт; кількість 40 штук; світловий потік: $\Phi = 19000$ Лм; Ефакт = 300лк).

Вони мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, безпечність, зручність обслуговування і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лампи створюють світло, що за яскравістю наближається до природного. Для приміщення також передбачене бокове освітлення (крізь отвори в зовнішніх стінах). Дане освітлення відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

Пожежна безпека

При роботі черв'ячного преса використовуються горючі змащувальні матеріали, також для плавлення поліетилену здійснюється при досить високій температурі $T = 170$ оС. Тому можливими причинами пожежі можуть бути:

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

Згідно з приміщенням для розроблюваного преса ЧП-45 лінії для вироблення ПВХ профілю відноситься до категорії В – пожежної небезпеці, так як містить горючі речовини (перероблюваний матеріал – ПВХ, змазуючі мастила), клас зони П – ІІа (ПУЕ). Згідно з СНиП 21-01-97 приміщення відноситься до першого ступеню вогнетривкості. Кількість поверхів не обмежується. Площа поверхів у межах пожежних не обмежується. Ширина евакуиходів - 0,9 м, коридори – 1.1 м що відповідає СНиП 21-01-97.

У приміщенні встановлені модулі атоматичного порошкового пожежогасіння САМ–9 3×12 м², теплові сповіщувачі, які спрацьовують при підвищенні температури до вище заданої межі $T = 72$ оС. Засобом захисту статичної електрики є заземлення.

Первинним засобом гасіння пожежі є:

- вуглекисневі вогнегасники ОУ-3 у кількості 4 шт;
- ящики з піском - 6 шт;

Протипожежна безпека черв'ячного преса відповідає вимогам СНиП 21-01-97.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Очікувані механіко-економічні показники

В результаті проектування екструдера для виробництва пвх виробів була проведена модернізація черв'яка, яка:

- забезпечує стабільний температурний режим роботи екструдера, що сприяє одержанню продукції високої якості;
- запобігає передчасному нагріванню та плавленню ПВХ, що впливає на підвищення якості екструдера 45×20
- зменшує затрати охолоджувальної рідини (води) на 25%. Зменшено швидкість потоку рідини з 2 м/с до 1,5 м/с

Відштовхуючись від ціни на холодну воду ПрАТ «АК «Київводоканал» станом на 01.06.2021р., яка становить 25,38 грн/м³, порахуємо:

$$E = C \cdot 25\% / 100\% = 25,38 \cdot 25\% / 100\% = 6,345 \text{ грн/м}^3.$$

де E – економія завдяки модернізації, C – ціна на воду .

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Виканено опис конструкції технологічної лінії для виробництва труб, розроблено технічну характеристику, а також наведено опис базової констуркції екструдера.

Проведений з метою вдосконалення конструкції екструдера проведено огляд літератури та патенту. Обгрунтованно напрям модернізації екструдера. За рахунок дооснащення його приводу обертвого руху додаткоо встановленої гільзи між зоною завантаження та пластикації.

Проведено опис охорони праці та очікованно механіко-економічні показників.

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Розрахунки
до дипломного проекту
на тему: «ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ
ТЕРМОПЛАСТІВ З МОДЕРНІЗАЄЮ ПРИВОДУ»

Київ – 2021 року

					ЛП-72.10.7243.001-70ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1 Розрахунок геометричних параметрів.....	2
1.1 Розрахунок геометрії черв'яка	2
1.2. Розрахунок формуючої головки	4
1.3. Розрахунок продуктивності преса ЧП-45 при переробці ПН.....	7
1.4. Розрахунок перепаду тиску в головці.....	8
1.5. Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-45.....	9
1.6. Розрахунки на міцність.....	12
1.6.1 Розрахунок черв'яка на стиск.....	12
1.6.2 Розрахунок черв'яка на кручення.....	14
1.6.3. Розрахунок черв'яка на жорсткість.....	15
1.7. Тепловий розрахунок черв'ячного преса.....	16
2. Розрахунки на міцність модернізованої деталі гільзи в Ansys.....	19
ВИСНОВКИ.....	22

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	ПП-72 10 7243 002-70PP	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб</i>		Костюченко			<i>Екструдер для переробки термоластив з модернізацією приводу</i>		1	21
<i>Пров</i>		Сівецький				КПІ" ім. Ігоря Сікорського ІХФ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утв</i>		Гондляр						

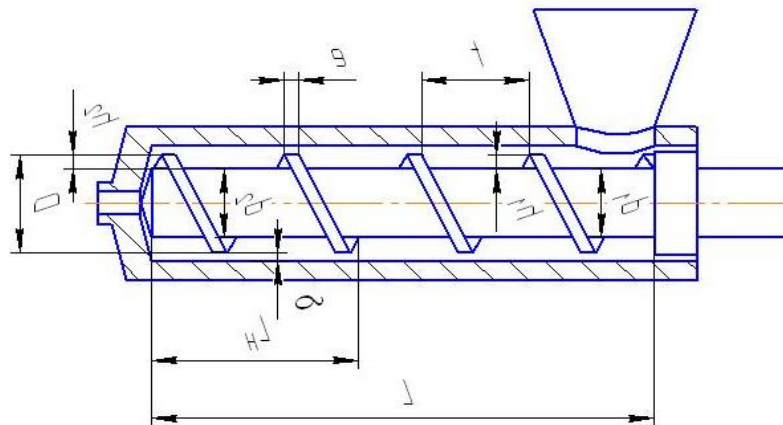
1 Розрахунок геометричних параметрів

1.1. Розрахунок геометрії черв'яка

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

Діаметр черв'яка є одним з основних параметрів, що характеризують продуктивність черв'ячної машини. У представленій лінії використовується екструдер з черв'яком діаметром $D=45$ мм, відношення довжини робочої частини до його діаметра $L/D=20$.

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 [2]:

Робоча довжина черв'яка:

$$L = D \cdot (L/D) = 45 \cdot 20 = 900 \text{ мм.}$$

1. Довжина шліцевої частини черв'яка:

$$L_{\text{шл}} = (1.25 \dots 1.5)D = 1.25 \cdot 45 = 56.25 \text{ мм.}$$

2. Довжина підшипника циліндричної частини черв'яка:

$$L_{\text{п}} = (1.5 \dots 2)D = 1.5 \cdot 45 = 67.5 \text{ мм.}$$

3. Довжина нарізної відбійної частини черв'яка:

$$L_{\text{н}} = 0.3D = 0.3 \cdot 45 = 13.5 \text{ мм.}$$

4. Довжина хвостової частини черв'яка:

$$L_{\text{хв}} = L_{\text{шл}} + L_{\text{п}} + L_{\text{н}} = 56.25 + 67.5 + 13.5 = 137 \text{ мм}$$

5. Загальна довжина черв'яка:

$$L_0 = L + L_{\text{хв}} = 900 + 137 = 1037.25 \text{ мм}$$

6. Довжина зони дозування $L_{\text{д}}$:

$$L_{\text{д}} = 0.4 \cdot L = 0.4 \cdot 900 = 360 \text{ мм.}$$

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Довжина зони завантаження L_3 :

$$L_3 = 0.25 \cdot L = 0.25 \cdot 900 = 225 \text{ мм.}$$

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

$$L_p = L - L_d - L_3 = 900 - 360 - 225 = 315 \text{ мм}$$

$$315 > 0.2 \cdot 900 = 180 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

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

$$t = 1.03 \cdot D = 1 \cdot 45 = 46 \text{ мм.}$$

10. Ширина витка e :

$$e = 0.08 \cdot D = 0.08 \cdot 45 = 3.6 \text{ мм.}$$

11. Глибина нарізки в зоні завантаження h_1 :

$$h_1 = 0.127 D = 0.127 \cdot 45 = 6 \text{ мм.}$$

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

$$d_1 = D - 2 h_1 = 40 - 2 \cdot 5 = 33 \text{ мм.}$$

13. Глибина нарізки в зоні дозування h_2 :

$$h_2 = 0,5 \cdot \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4 \cdot h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 0,5 \cdot \left[45 - \sqrt{45^2 - \frac{4 \cdot 6}{3} (45 - 6)} \right] = 1.8 \text{ мм}$$

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

приймаємо $i=3$.

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

$$d_2 = D - 2 h_2 = 45 - 2 \cdot 1.8 = 41.4 \text{ мм.}$$

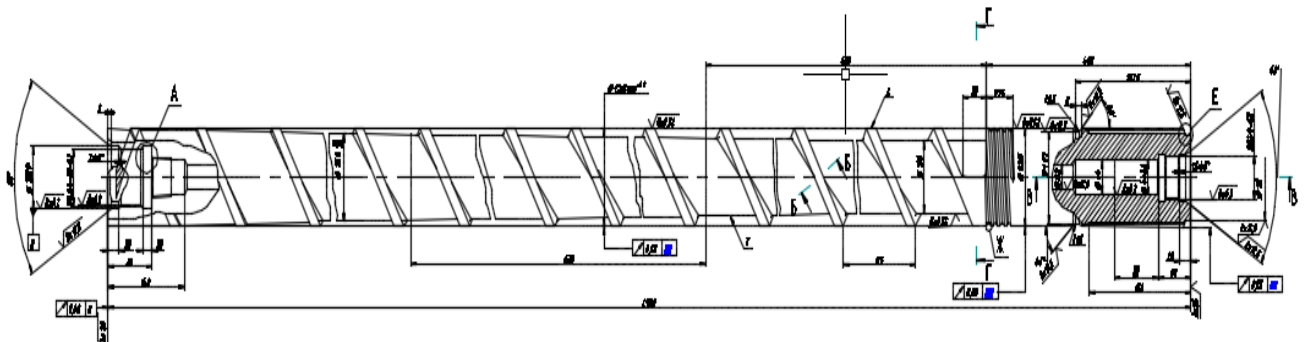
10. Зазор між гребенем черв'яка і внутрішньою поверхнею корпусу δ

$$0.1 \text{ мм} < \delta <$$

0.3 мм

$$\delta = 0.003 \cdot D = 0.003 \cdot 45 = 0,135 \text{ мм.}$$

Розрахований черв'як зображено на кресленні



					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

1.2. Розрахунок формуючої головки

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

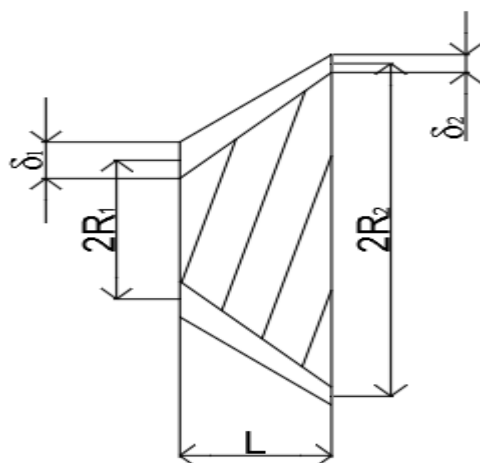
Розглядаємо окремо кожний канал головки, в яких рухається матеріал:

Визначаємо коефіцієнт геометричної форми кожної з ділянок формуючої головки

1-й канал круглий кільцевий

$$K_1 = \frac{\pi(R_2+R_1)(R_2-R_1)^3}{12L} = \frac{\pi(5+6)(5-6)^3}{12 \cdot 100} = 0.0288 \text{ мм}^3$$

де $L = 100$ мм, $R_2 = 5$ мм, $R_1 = 6$ мм.



2-й канал конічний кільцевий з конічною щілиною

$$\delta_1 = 0,5 \text{ мм,}$$

$$R_1 = 6 \text{ мм,}$$

$$\delta_2 = 4.5 \text{ мм,}$$

$$R_2 = 88 \text{ мм,}$$

$$L = 33 \text{ мм}$$

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

де m_0 – коефіцієнт, який розраховується по формулі:

$$\begin{aligned} m_0 &= \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} \\ &= \frac{2.3(6 - 88)^2}{(6 \cdot 4.5 - 88 \cdot 0.5)^2} \lg \frac{6 \cdot 4.5}{88 \cdot 0.5} - \frac{(6 - 88)(5 - 4.5)}{(6 \cdot 4.5 - 88 \cdot 0.5)0.5 \cdot 4.5} - \frac{0.5^2 - 4.5^2}{2 \cdot 0.5^2 \cdot 4.5^2} \\ &= -10.249 \end{aligned}$$

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Тоді:

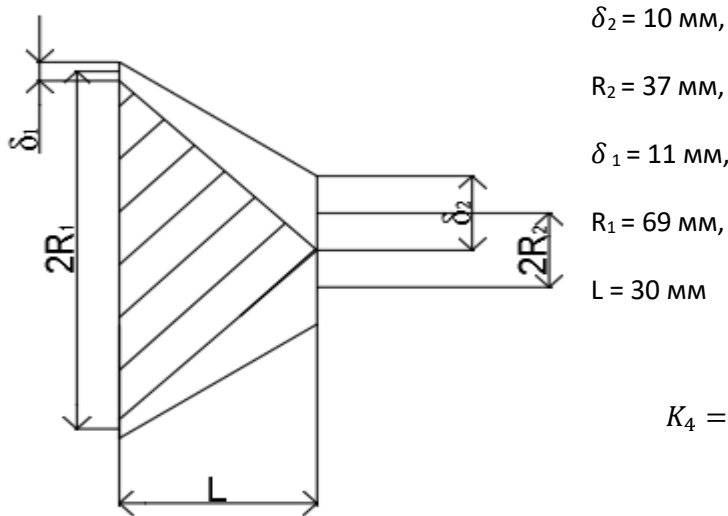
$$K_2 = \frac{\pi(6 \cdot 4.5 - 88 \cdot 0.5)}{6 \cdot 33 \cdot (-10.249)} = 0.026 \text{ мм}^3$$

3-й канал круглий кільцевий

$$K_3 = \frac{\pi(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)^3}{12L} = \frac{\pi(84 + 79)(84 - 79)^3}{12 \cdot 9} = 666,43 \text{ мм}^3$$

де $L = 8 \text{ мм}$, $R_1 = 79 \text{ мм}$, $R_2 = 84 \text{ мм}$.

4-й канал конічний кільцевий



$$\delta_2 = 10 \text{ мм,}$$

$$R_2 = 37 \text{ мм,}$$

$$\delta_1 = 11 \text{ мм,}$$

$$R_1 = 69 \text{ мм,}$$

$$L = 30 \text{ мм}$$

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

де m_0 – коефіцієнт, який розраховується по формулі:

$$\begin{aligned} m_0 &= \frac{2.3(R_1 - R_2)^2}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)^2} \lg \frac{R_1 \cdot \delta_2}{R_2 \cdot \delta_1} - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \cdot \delta_2 - R_2 \cdot \delta_1)\delta_1\delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2\delta_1^2\delta_2^2} = \\ &= \frac{2.3(69 - 37)^2}{(69 \cdot 10 - 37 \cdot 11)^2} \lg \frac{69 \cdot 10}{37 \cdot 11} - \frac{(69 - 37)(11 - 10)}{(69 \cdot 10 - 37 \cdot 11)11 \cdot 10} - \\ &= \frac{11^2 - 10^2}{2 \cdot 11^2 \cdot 10^2} = 0,066343 \end{aligned}$$

Тоді

$$K_4 = \frac{\pi(69 \cdot 10 - 37 \cdot 11)}{6 \cdot 30 \cdot 0,066343} = 74,8 \text{ мм}^3$$

5-й канал круглий циліндричний

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$$K_5 = \frac{\pi d^4}{128L} = \frac{\pi 45^4}{128 \cdot 1.5} = 67062 \text{ мм}^3$$

$$d=45 \quad L=1.5$$

Коефіцієнт геометричної форми головки:

$$\frac{1}{K_{зг}} = \frac{1}{K_1} + \dots + \frac{1}{K_n} = \frac{1}{0.0288} + \frac{1}{0.026} + \frac{1}{666,43} + \frac{1}{74.8} + \frac{1}{67062} = 73 \text{ мм}^{-3}$$

$$K_{зг} = \frac{1}{73} = 73 \text{ мм}^3$$

Розраховану формуючу головку зображено на кресленні ЛП72.10.7242.003.

1.3. Розрахунок продуктивності преса ЧП-45 при переробці ПВХ

Продуктивність черв'ячного преса розраховується за формулою:

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

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

$K_{зг} = 73$ - коефіцієнт геометричної форми головки, мм^3 .

α - коефіцієнт прямого потоку, м^3

β - коефіцієнт зворотного потоку, м^3

γ - коефіцієнт потоку втрат, м^3

Коефіцієнти розраховуються по формулам:

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

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

$t = 46$ - крок витків, мм.

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

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

$e = 3.6$ - ширина витка, мм.

$\rho = 950$ - густина ПНТ, кг/м^3 .

Тоді:

$$C = 1 + \frac{45^2}{2 \cdot 1.8^2} = 313,5, \quad A = \frac{\pi}{1.8} \left(\frac{45}{1.8^2} - 1 \right) = 23,25 \text{ мм}^{-2}, \quad B = \frac{1.8+45}{45^2 \cdot 1.8^3} = 0.00396 \text{ мм}^{-4}$$

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо коефіцієнти α, β, γ :

$$\alpha = \frac{\pi^3(46 - 1 \cdot 3.6) \cdot 313,5}{23,25 + 46^2 \cdot 0.00396} = 1301 \text{ мм}^3;$$

$$\beta = \frac{46 \cdot \pi(46 - 1 \cdot 3.6)}{12 \cdot 360(23,25 + 46^2 \cdot 0.00396)} = 0.045 \text{ мм}^2;$$

$$\gamma = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 0,12^3 \cdot 46^2}{10 \cdot 3.6 \cdot 360 \sqrt{\pi^2 45^2 - 46^2}} = 0.0003 \text{ мм}^2;$$

Тоді продуктивність:

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

$$Q = \frac{1301 \cdot 73 \cdot \frac{75}{60}}{73 + 0.045 + 0.0003} = 1625.24 \text{ мм}^3/\text{с} = 2.76 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с},$$

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

$$P = Q \cdot \rho = 3600 \cdot 2.76 \cdot 10^{-6} \cdot 950 = 9.44 \text{ кг/год.}$$

Розрахункова продуктивність преса при $n=75$ об/хв $P = 9.5$ кг/год.

1.4. Розрахунок перепаду тиску в головці

Знаходимо значення швидкості зсуву в кожному каналі головки:

Круглий кільцевий

$$\gamma_1 = \frac{22.33Q}{\pi(R_H + R_{BH})(R_H - R_{BH})^2} = \frac{22.33 \cdot 1625}{\pi \cdot (6 + 5)(6 - 5)^2} = 10 \text{ с}^{-1}$$

Конічний кільцевий

$$\gamma_2 = \frac{22.33Q}{\pi(R_0 + R_1)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.33 \cdot 1625}{\pi \cdot (88 + 6)(0.5 + 4.5)^2} = 4.9 \text{ с}^{-1}$$

Круглий кільцевий

$$\gamma_3 = \frac{22.33Q}{\pi(R_H + R_{BH})(R_H - R_{BH})^2} = \frac{22.33 \cdot 1625}{\pi \cdot (84 + 79)(84 - 79)^2} = 2.8 \text{ с}^{-1}$$

Конічний кільцевий

$$\gamma_4 = \frac{22.33Q}{\pi(R_0 + R_1)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22.33 \cdot 1625}{\pi \cdot (69 + 37)(11 + 10)^2} = 0.27 \text{ с}^{-1}$$

Круглий циліндричний

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma_5 = \frac{32Q}{\pi d^3} = \frac{32 \cdot 1625}{\pi \cdot 45^3} = 0.18 \text{ c}^{-1}$$

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:

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

$$P_1 = 6.24 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{0.028} = 383 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$P_2 = 3.7 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{0.026} = 241 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$P_3 = 2.8 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{666.43} = 7,297 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$P_4 = 2.3 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{74,8} = 5,227 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

$$P_5 = 2.1 \cdot 10^4 \cdot 17.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{67062} = 0.005386 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Загальний перепад тиску в головці:

$$\Delta P_r = (383 + 241 + 7,297 + 5,227 + 0.005386) \cdot 10^4 = 6.37 \text{ МПа}$$

1.5. Розрахунок потужності приводу екструдера ЧП-45

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

$\Delta P_r = 637$ – перепад тиску в головці, МПа

$\alpha = 1301$ – постійна прямого потоку, мм^3

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

$L_d = 360$ – довжина зони дозування, мм

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

J-коефіцієнт, обчислюється за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{\pi^2 \cdot 45^2 - 4 \cdot 46^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot 45^5}{46^2 + \pi^2 \cdot 45^2} = 101841$$

Знайдемо значення γ_K швидкість зсуву в каналі екструдера:

$$\gamma_K = \frac{\pi^2 D^2 n}{60 h_2 \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2t^2}} = \frac{\pi^2 45^2 75}{60 \cdot 1.8 \sqrt{\pi^2 \cdot 45^2 + 2 \cdot 46^2}} = 89 \text{ c}^{-1}$$

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:

$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (t - e) \cdot L_D \cdot J \cdot \mu_K \cdot n^2}{36t} + \frac{10^{-5} \cdot \alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6}$$
$$N_1 = \frac{10^{-13} \pi^3 (46 - 3.6) \cdot 360 \cdot 101841 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 75^2}{36 \cdot 46} + \frac{10^{-5} \cdot 1301 \cdot 637 \cdot 75}{6} =$$
$$= 3.3 \text{ кВт}$$

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:

$$\gamma_3 = \frac{\pi D n}{60 \cdot \delta} = \frac{\pi \cdot 45 \cdot 75}{60 \cdot 0.12} = 1308 \text{ c}^{-1}$$

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:

$$N_2 = \frac{10^{-13} \pi^3 \cdot 3.6 \cdot 360 \cdot 45^3 \cdot 2.2 \cdot 10^4 \cdot 75^2}{36 \cdot 46 \cdot 0.12} = 0.227 \text{ кВт}$$

Загальна потужність, що використовується в зоні дозування дорівнює:

$$N_d = N_1 + N_2 = 3.3 + 0.227 = 3.527 \text{ кВт}$$

Потужність споживання на всій довжині черв'яка дорівнює:

$$N_q = 2N_d = 2 \cdot 3.527 = 7.054 \text{ кВт}$$

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

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{д}} = \frac{N_{\text{ч}}}{\eta} = \frac{7.054}{0.7} = 10.08 \text{ кВт}$$

По отриманим розрахункам вибираємо асинхронний двигун типу 4А160S8 УЗ ГОСТ 183-74 потужністю N=10 кВт; з синхронною частотою обертання – 750 об/хв; габаритні розміри якого 625x430x358 мм.

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6 Розрахунки на міцність

1.6.1 Розрахунок черв'яка на стиск

Метою розрахунку є визначення працездатності черв'яка.

На черв'як діють такі силові фактори:

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

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

Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{9550N}{n} = \frac{9550 \cdot 10}{75} = 1.2^3 \text{ Н}$$

де $N=10$ – потужність, яка споживається черв'яком, кВт;
швидкість обертання черв'яка, об/хв.

$n = 75$ -

Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2M_{кр}}{D} = \frac{2 \cdot 1.2^3}{0.045} = 56.6 \text{ кН}$$

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

Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{9.81G}{l_p} = \frac{9.81 \cdot 220}{1.2} = 2410 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

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

$l_p=1.2$ - довжина робочої частини, м

$$M_{max} = 0.5ql_p^2 = 0.5 \cdot 2410 \cdot 0,9^2 = 976,05 \text{ Н}$$

W_x - осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi \cdot d^3(1 - \alpha^4)}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.045^3(1 - 0.44^4)}{32} = 6.1 \cdot 10^{-6}$$

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

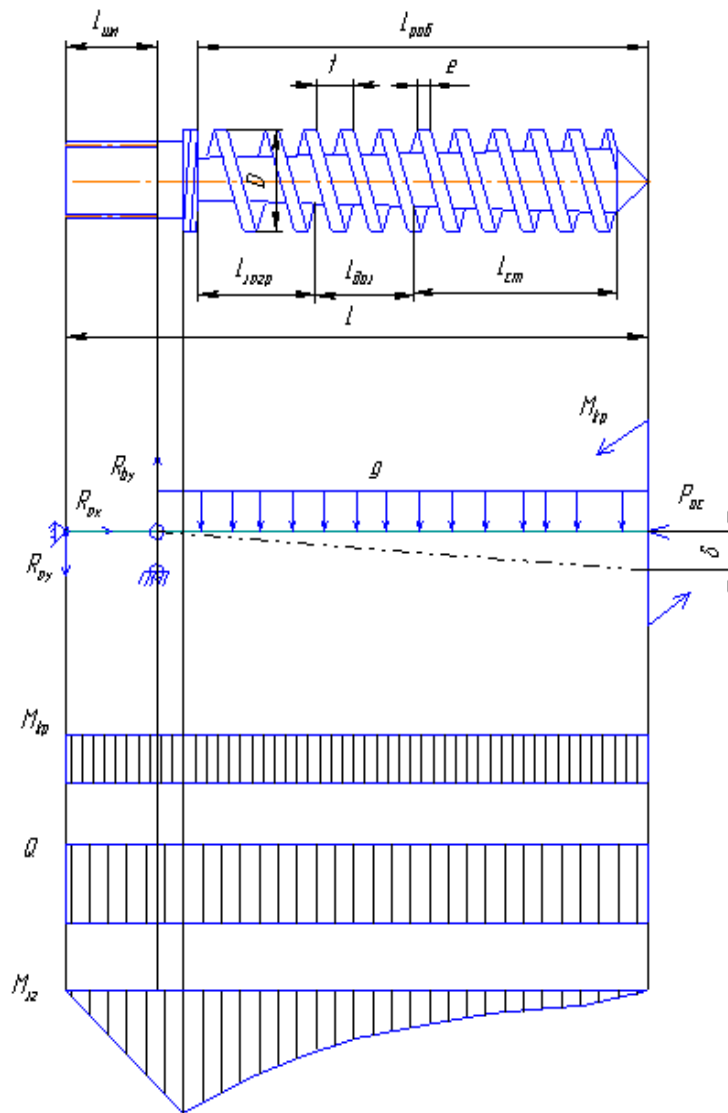


Рис. 1.1.3 Розрахункова схема шнека та епюри напружень.

Стисне напруження:

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{56.6 \cdot 10^3}{1.5 \cdot 10^{-4}} + \frac{976.05}{6.1 \cdot 10^{-6}} = 45 \text{ МПа}$$

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

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2 (1 - \alpha^4)}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.045^2 (1 - 0.44^4)}{4} = 1.5 \cdot 10^{-4}$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{0.2}{0.45} = 0.44$$

d_0 - діаметр осердя в зоні завантаження;
напруження:

Дотичне

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{10^4}{1.7 \cdot 10^{-6}} = 58 \text{ МПа}$$

де W_p - полярний момент опору:

$$W_p = \frac{\pi \cdot d_1^3 (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3.14 \cdot 0.045^3 (1 - 0.44^4)}{16} = 1.7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{45 + 4 \cdot 58^2} = 124 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу :

$$n = \frac{\sigma_t}{\sigma_{екв}} = \frac{700}{124} = 5.64$$

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

1.6.2 Розрахунок черв'яка на кручення

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

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

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

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

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

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

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

Розрахункове напруження кручення:

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

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

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{ro} = 2 \frac{I}{R} = 2 \cdot \frac{1.9 \cdot 10^{-8}}{0.015} = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Полярний момент інерції перетину черв'яка:

$$I = \frac{\pi \cdot d_1^4 (1 - \alpha^4)}{64} = \frac{3.14 \cdot 0.045^4 (1 - 0.44^4)}{64} = 1.9 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

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

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

4.6.3 Розрахунок черв'яка на жорсткість

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

Вихідні дані : Матеріал черв'яка сталь 40Х, діаметр черв'яка d=45 мм, зазор між корпусом і черв'яком $\delta = 0,12$ мм, E – модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $I = 1.9 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$ – полярний момент інерції перетину черв'яка; $P_{oc} = 445$ кН, $l_p = 0.9$ 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

$$k = \sqrt{\frac{P_{oc}}{EI}} = \sqrt{\frac{445000}{2 \cdot 10^5 \cdot 1.9 \cdot 10^{-8}}} = 10821$$

$$A = \frac{q \left[l_p - \frac{1}{k} \sin(k l_p) \right]}{k \cdot \cos(k l_p)} = \frac{2410 \left[0.9 - \frac{1}{10821} \sin(10821 \cdot 0.9) \right]}{10821 \cdot \cos(10821 \cdot 0.9)} = 0.41$$

Максимальний прогин :

$$\delta_{max} = \frac{1}{2 \cdot 10^5 \cdot 8.6 \cdot 10^{-8}} \left[\frac{2410}{10821^2} \left(\frac{1}{10821^2} + \frac{0.9}{2} \right) - \frac{1}{10821} \left(\frac{2410}{10821^2} + 0.41 \cdot 0.9 \right) \cdot \cos(10821 \cdot 0.9) - \frac{1}{10821^2} \left(\frac{2410 \cdot 0.9}{10821} - 0.41 \right) \sin(10821 \cdot 0.9) \right] = 0.006 \text{ мм}$$

Прогин в межах допустимого .

1.7. Тепловий розрахунок черв'ячного преса

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

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном, N , кВт	7.5;
Продуктивність по полістиролу, G_M , кг/с	7 ;
Початкова температура матеріалу, T_{II} , К,	293;
Кінцева температура матеріалу, T , К	453;
Температура поверхні кожуха, $T_{кож}$, К	318;
Температура повітря, T_B , К	293;
Ширина теплообмінної поверхні, B , м	0,3;
Довжина теплообмінної поверхні, L , м	2.2;
ККД приводу преса, 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	1.5;
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:

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

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

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

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

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

де Q_k – втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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:

$$Q_{OX} = C_{\text{в}} \cdot G_{\text{в}} \cdot \Delta t = 4200 \cdot 1.5 \cdot 1.5 = 9450 \text{ Вт}$$

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:

$$Q_{Q_1} = G_{\text{м}} C_{\text{м}} (T_{\text{кож}} - T_{\text{в}}) + Q_{\text{втр}} + Q_{OX} - Q_N = 7 \cdot 2(453 - 293) + 118.8 + 9450 - 1080 = 8605 \text{ кДж/год} = 2.4 \text{ кВт}$$

Таким чином, для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище в пресі встановлено 4 індукційних нагрівача потужністю 0.6 кВт.

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розрахунки на міцність модернізованої деталі гільзи в Ansys.

Використавши програми Catia виконано 3-Д модель (рис.2.1), а за допомогою ANSYS виконано розрахунок на міцність та деформацію моделі гільзи.

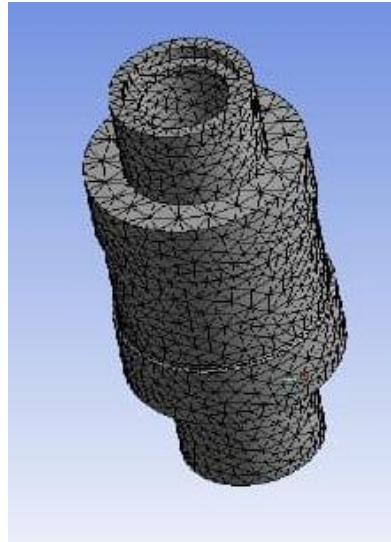


Рис 2.1-сітка гільзи.

Додаємо закріплення та навантаження та моменти від привода, які будуть присутні під час екструзії (Рис. 2.2.)

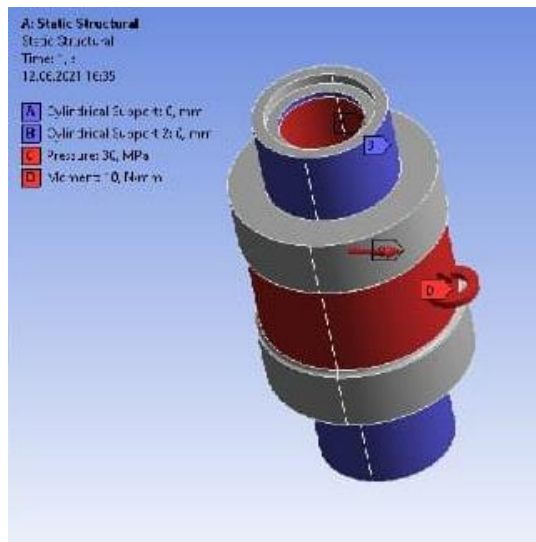


Рис. 2.2- Навантаження та закріплення на гільзи під час екструзії .

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконавши розрахунки в системі ANSYS ми отримали такі данні :

- Запас міцності $n = 2$ (Рис. 2.3)
- Максимальна деформація дорну $\Delta l = 0.0054732$ мм (Рис. 2.4)
- Еквівалентні напруження $\sigma_{\text{екв}} = 118,3$ мПа (Рис. 2.5)

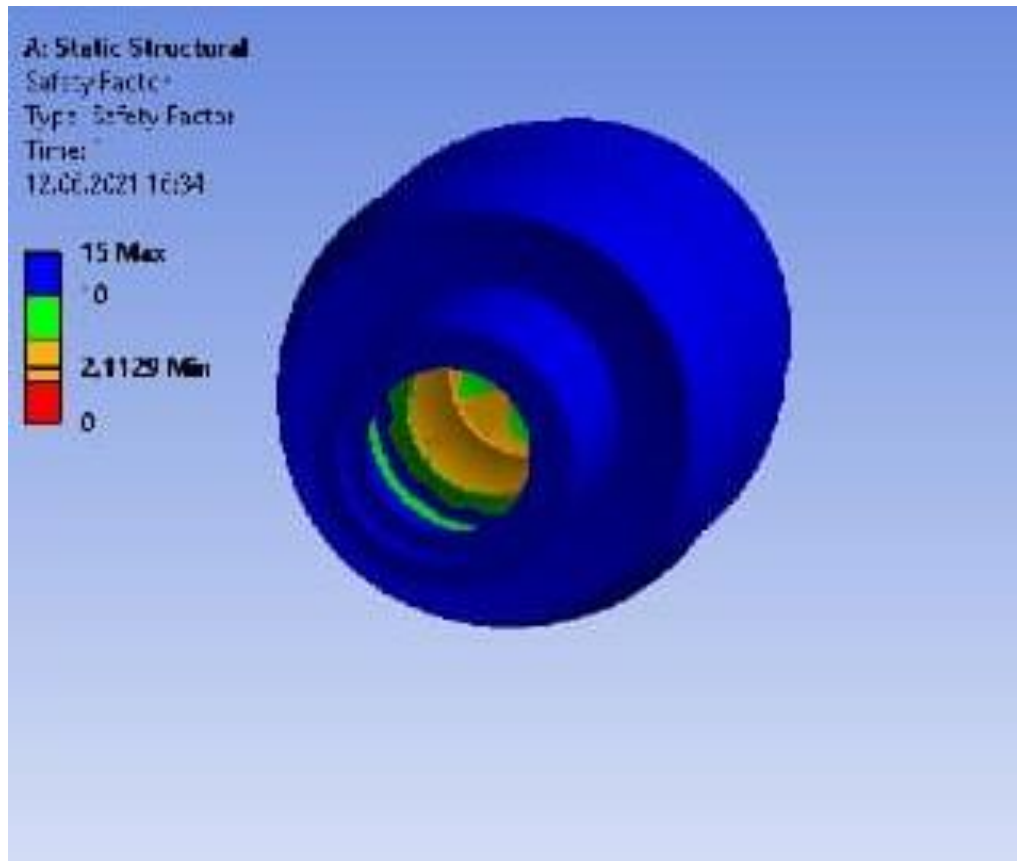


Рис. 2.3 -Запас міцності гільзи.

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

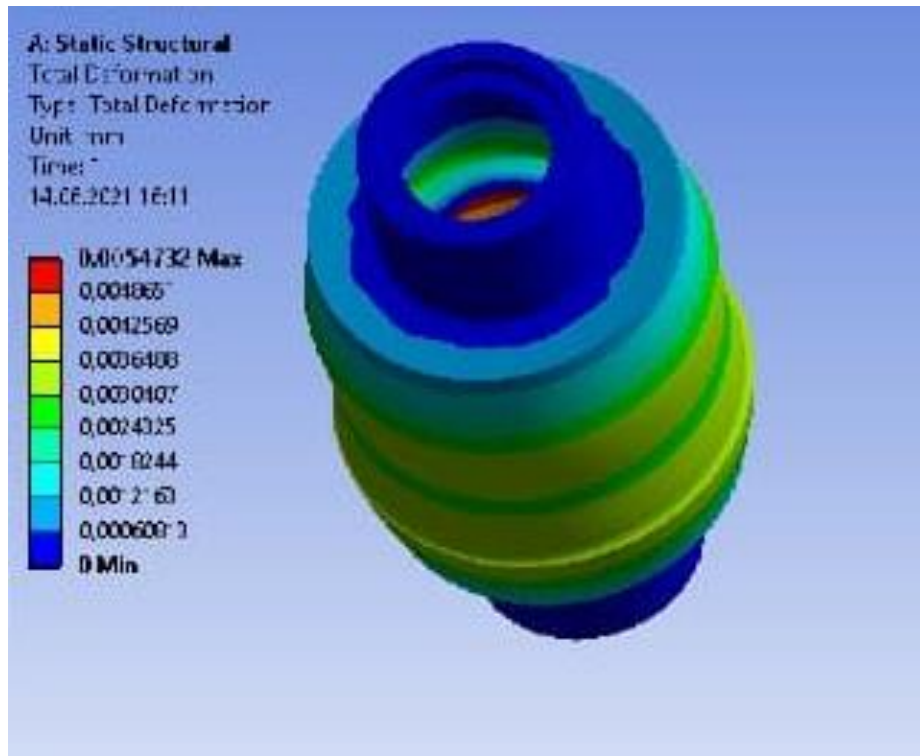


Рис. 2.4 -Максимальна деформація гільзи.

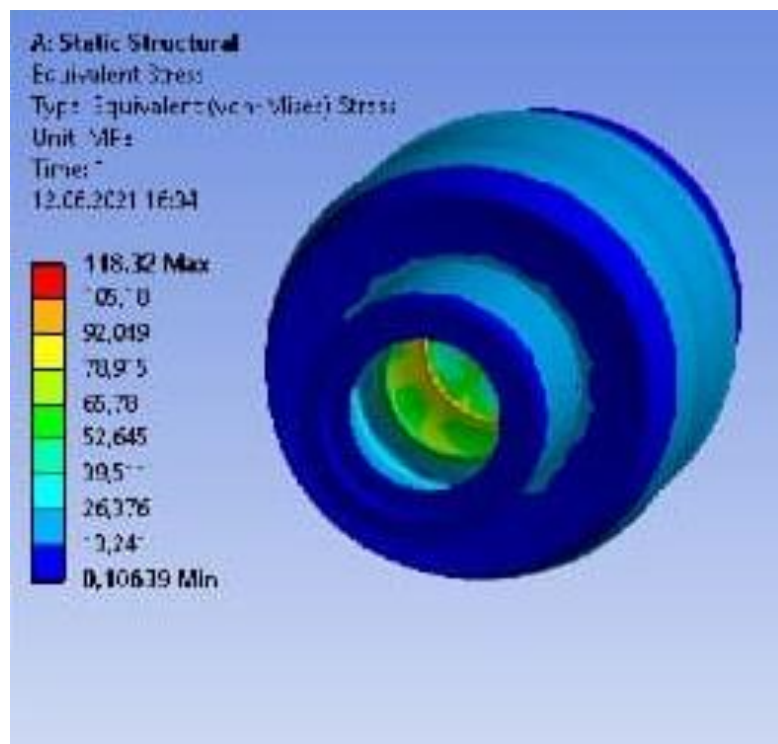


Рис. 2.5- Еквівалентні напруження гільзи.

ВИСНОВКИ

Виконані параметричні та теплові розрахунки базової конструкції екструдера, які підтверджують працездатність.

Виконані розрахунки геометрії чер'яка та його міцність.

Виконані параметричні розрахунки головки перепаду, продуктивність екструдера.

Виконані в системі ANSYS розрахунки на міцність та деформацію модернізованої гільзи екструдера. При прикладеній силі в $P = 30$ МПа та зовнішній температурі 120 C^0 , виникають напруження в $\sigma_{\text{екв}} = 118,3$ МПа, деформація складає $\Delta l = 0,0054732$ мм, що дає запас міцності в $n = 2$, та не перевищує характеристики міцності матеріалу.

					ЛП-72.10.7243.002-70PP	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія машинобудування
до дипломного проекту
на тему: «ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ
ТЕРМОПЛАСТІВ З МОДЕРНІЗАЄЮ ПРИВОДУ»

Київ – 2021 року

					ЛП-72.10.7243.002-70РР	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

1 ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ	2
1.1 Опис і призначення деталі.....	2
1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	3
2. Призначення і розрахунок пристосування для обробки деталі.....	11
2.1 Призначення пристосування для обробки деталі.....	11
2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні.....	11
Висновки.....	15

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	ПП-72 10 7243 003-70TE		
<i>Разраб</i>	<i>Костюченко</i>				<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров</i>	<i>Сівецький</i>					1	14
<i>Н. Контр.</i>					<i>Екструдер для переробки термоластів з модернізацією приводу</i>		
<i>Утв</i>	<i>Гондляр</i>						

1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Опис і призначення деталі

При виконанні розділу "Технологія машинобудування" даного дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі "Корпус", призначено послідовність виконання технологічних операцій виготовлення деталі.

Деталь "Корпус" (Рис. 3.1) являється складовою частиною вузла трубної головки одночерв'ячного екструдера і слугує для проходження скрізь неї полімера для формування виробу.

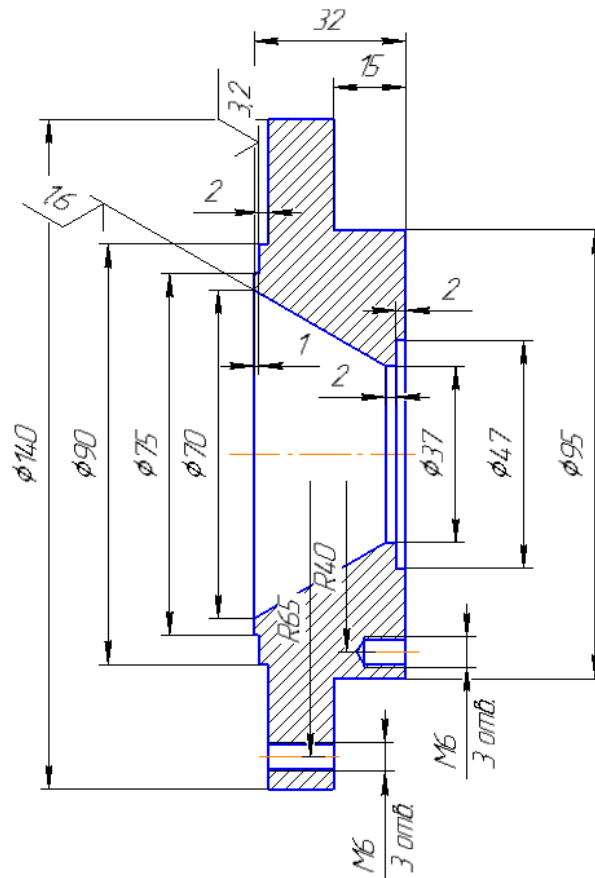


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі "Корпус"

У результаті технологічного контролю креслення виявлено наступне:

– на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;

					ЛП-72.10.7243.003-70TE	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- шорсткість усіх поверхонь деталі вказана відповідно до ГОСТ 2789-73;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь деталі "Корпус" 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.

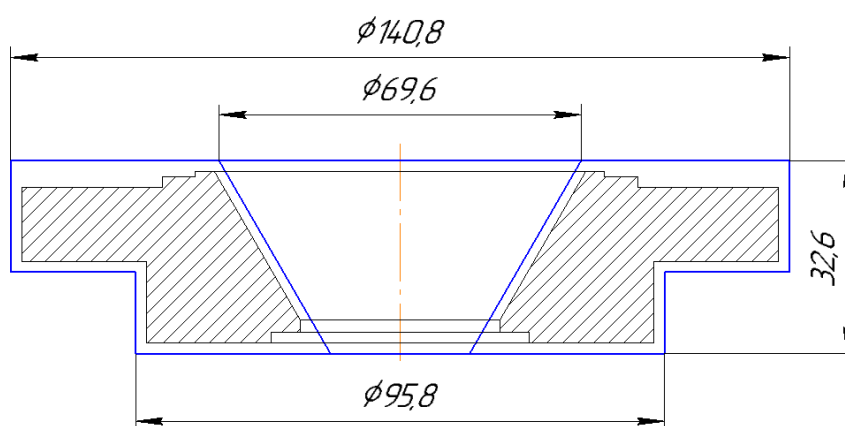


Рисунок 3.2 – Заготовка деталі "Корпус"

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

Обробку виконуємо стандартним інструментом. Матеріали різальної частини різців – тверді сплави Т15К6 та Т30К4, свердел, зенкерів і розверток – швидкоріжучий сплав Р6М5.

1.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

					ЛП-72.10.7243.003-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Технологічний процес виготовлення деталі "Корпус", що був розроблений у процесі виконання дипломного проекту, представлений у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах [1, 2, 4].

					ЛП-72.10.7243.003-70TE	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Призначення і розрахунок пристосування для обробки деталі

2.1 Призначення пристосування для обробки деталі

Пристрій для обробки, у якому закріплюється деталь – трикулачковий самоцентруючий патрон [12]. На кресленні ЛП72.10.7245.006СК зображено конструкція патрону, який складається із корпусу 1 і накладних кулачків 2, якими можна надійно затискати заготовку при обробці як прямим, так і зворотнім затисканням.

Токарний самоцентруючий трикулачковий 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.

Кулачки виготовляють трьохступінчастими і піддають закалюванню, для збільшення зносостійкості. Поверхню кулачків виконують рифленою, для забезпечення більш надійного закріплення деталі при обробці, у порівнянні з гладкою поверхнею.

2.2 Розрахунок сил закріплення у пристосуванні

У процесі обробки на деталь (Рис. 3.3), яка закріплена у трьохкулачковому патроні, впливає система сил. З одного боку на неї діють складові сили різання, що прагнуть повернути деталь, з іншого - сила затиску, що перешкоджає цьому.

					ЛП-72.10.7243.003-70TE	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З умови рівноваги моментів даних сил і з урахуванням коефіцієнта запасу визначаються необхідне зусилля затискання.

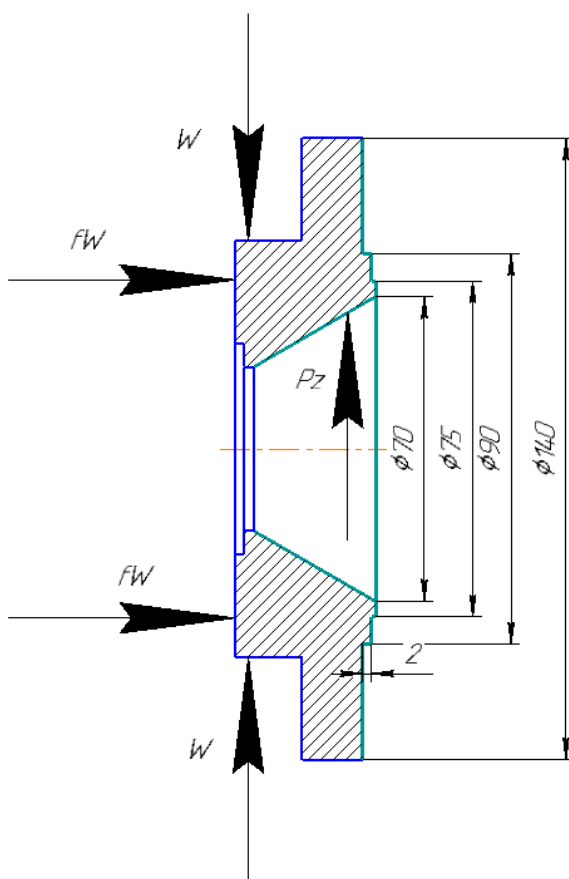


Рисунок 3.3 – Система сил, що діють на деталь у процесі обробки

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

$$M_p = P_z \cdot r_1. \quad (3.1)$$

					ЛП-72.10.7243.003-70TE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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

$$M_z = W_{\text{сзм}} \cdot f \cdot r. \quad (3.2)$$

У приведених формулах прийнято: P_z – головна складова сили різання, що прагне перевернути заготовку; r_1 – радіус обробленої частини деталі; r – радіус необробленої частини деталі; f – коефіцієнт тертя між поверхнею деталі і кулачків; $W_{\text{сзм}} = W \cdot 3$ – сила затискання деталі трьома кулачками патрона.

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

$$W_{\text{сзм}} = \frac{K \cdot P_z \cdot r_1}{f \cdot r}, \quad (3.3)$$

де K – коефіцієнт запасу, $P_z = 900 \text{ Н}$ – попередньо розрахована сила різання.

Коефіцієнт запасу K

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.6)$$

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

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні оброблюваної заготовки;

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

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

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

					ЛП-72.10.7243.003-70TE	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Остаточно, коефіцієнт запасу:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8.$$

Із формули (3.3) визначаємо зусилля затиску у трьохкулачковому патроні, що перешкоджає провороту деталі при обробці:

$$W_{\text{сум}} = \frac{1,8 \cdot 900 \cdot 70}{0,35 \cdot 69,6} = 4655H,$$

де $r_1 = 70\text{мм}$; $r = 69,6\text{мм}$;

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

Приймаємо зусилля затиску $W_{\text{сум}} = 4,7\text{кН}$.

					ЛП-72.10.7243.003-70TE	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення корпусу було виконано наступне:

- розглянуто призначення втулки і конструктивні особливості;
- обґрунтовано технологічність корпусу та заготовки;
- вибрано спосіб виготовлення заготовки;
- виконаний маршрут виготовлення корпусу;
- підібрано моделі металорізальних верстатів, пристрої та інструменти;
- виконано графічне зображення технологічного процесу виготовлення деталі;
- заповнені маршрутна карта (МК), операційна карта (ОК) та карта ескізів (КЕ).

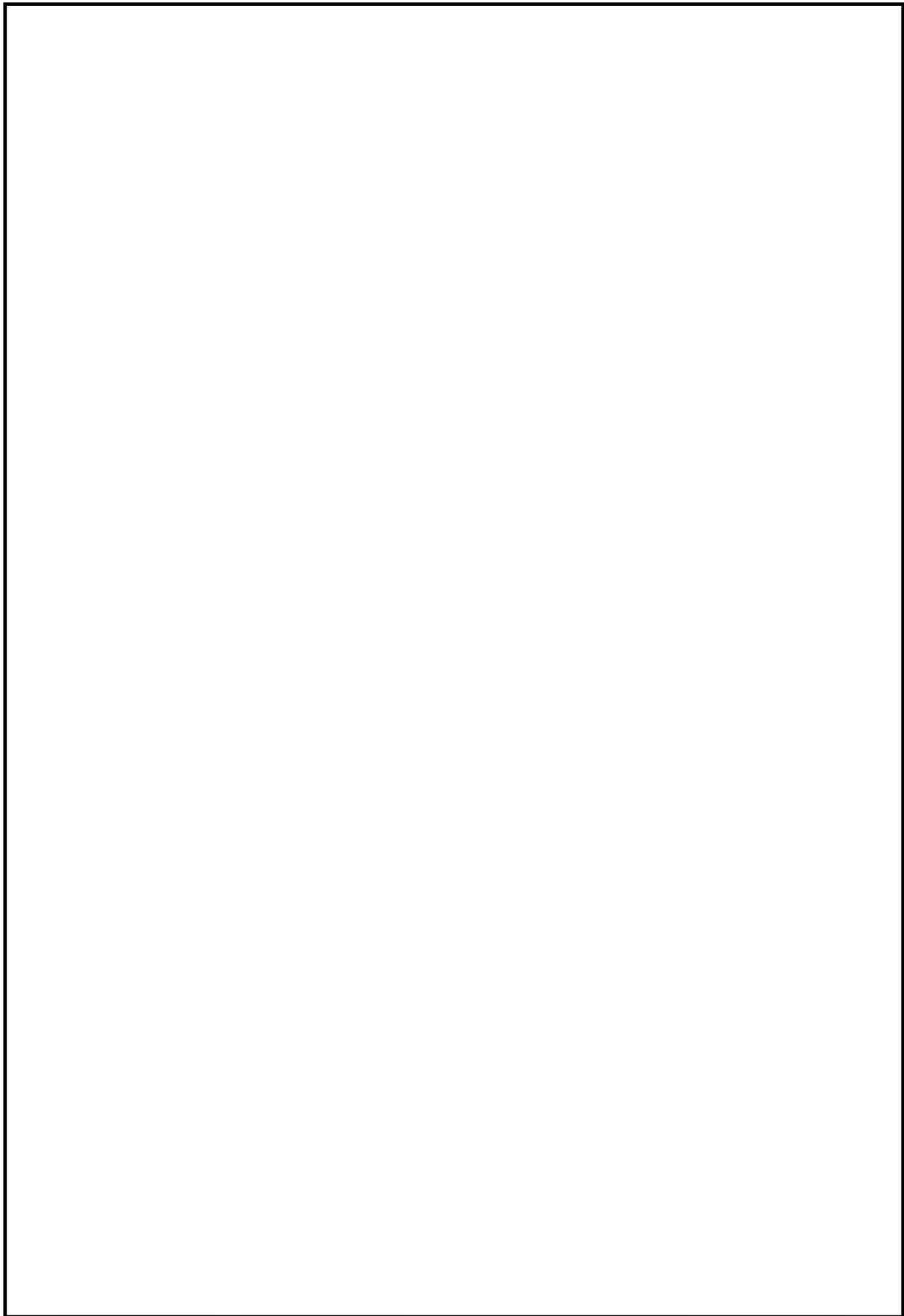
– використана література [10-13]

					ЛП-72.10.7243.003-70ТЕ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. Москва Химия, 1986. 488с.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов/ М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Под общ. ред. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленинград: 1984. 301с.
3. Мікульонок І.О., Сокольський О.Л., Сівецький В.І. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів: навч. посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 200с.
4. Радченко Л.Б. Переробка термопластів методом екструзії. – Київ: ІЗММ, 1999.219с.
5. UA № 200901833 (2009р) МПК В29С 47/38 Автори: Мікульонок Ігор Олегович
6. UA № 201004683 (2010р) МПК В29С 47/38 Автори: ГРИМАЛЬСЬКИЙ ОЛЕГ ВІКТОРОВИЧ; Мікульонок Ігор Олегович; ШВЕД ДМИТРО МИКОЛАЙОВИЧ; ШВЕД МИКОЛА ПЕТРОВИЧ
7. UA № 2004031570 (2004р) МПК В29С 47/38 Автори: Мікульонок Ігор Олегович.
8. UA №200507757 (2006р) МПК В29С 47/38 Автори: Мікульонок Ігор Олегович
9. UA №40046 МПКВ29С (2006р) 47/38 Автори: Мікульонок Ігор Олегович.
- 10.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.
11. 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.
12. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. Учеб. пособие для техникумів. М., "Высш. школа", 1974.
- 263с.
13. 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.

					ЛП-72.10.7243.001ПЗ	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



					ЛП-72.10.7243.001ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					ЛП-72.10.7243.001ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модернізацією привода одночерв'ячного екструдера.

Костюченко Д.О., студента, Сівецький В.І., к.т.н., професор

Національний технічний університет України

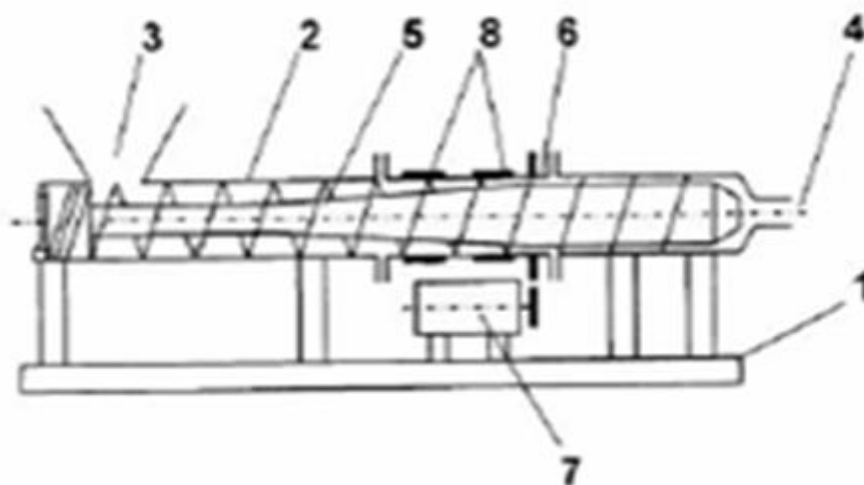
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано вдосконалення одночерв'ячного екструдера за рахунок оснащення його в зоні пластикації та/або дозування гільзою яка обертається додатковим приводом.

В [1] зображено типові конструкції одночерв'ячних екструдерів. Одним із недоліків конструкцій черв'ячних екструдерів є складність узгоджені продуктивності всіх технологічних його зон.

В [2] запропоновано конструкції екструдерів які дозволяють регулювати продуктивність та якість гомогенізації перероблюваних полімерних матеріалів.

З метою вдосконалення конструкції черв'ячного екструдера [1] використаємо рішення [3]. Метою даного конструктивного рішення являється забезпечення умов узгодження продуктивностей зон завантаження, пластикації та дозування. Це досягається за рахунок того, що частина корпусу черв'ячного екструдера в зоні пластикації оснащується гільзою, яка встановлена з можливістю обертального руху від додаткового незалежного привода який забезпечує можливість регулювання її числа обертів гільзи в залежності від продуктивностей і тисків що розвиваються на вході і виході зоні пластикації.



Вдосконалена конструкція одночерв'ячного екструдера містить встановлений на станині 1 корпус 2 із завантажувальним 3 і розвантажувальним 4 отворами, а також розміщеним у ньому з можливістю обертання черв'яком 5. При цьому ділянку 6 (одну або декілька) корпусу 2 виконано складальними по товщині з можливістю обертання вмонтованих в неї гільзи від привода 7 (у тому числі при необхідності може бути виконано декілька таких ділянок гільзи з індивідуальними приводами). Кожна з додатково встановлених гільз в ділянці 6 також може бути споряджена індивідуальними системами 8 нагрівання та/або охолодження, а також контролю та регулювання чисел обертів гільз.

Запропоновано удосконалення зони пластикації екструдера за рахунок його до оснащення обертальною гільзою дозволяє підвищити ефективність процесів переробки полімерних матеріалів у різноманітні вироби.

Література

1. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любартович. — М. : Химия, 1986. — 488 с.

2. Л. Б. Радченко, В. І. Сівецький Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів: навчальний посібник –Київ «Політехніка», 2002–149 с.

					ЛП-72.10.7243.001ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Патент України UA МПК40046 В29С 47/38.

					ЛП-72.10.7243.001ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
A1			ЛП72.10.7242.006	Складальне креслення	1	
				Деталі		
		1		Корпус	1	
		2		Кулачок	3	
		3		Гвинт		
				спеціальний M10	3	
		4		Гвинт		
				спеціальний M12	3	
				Стандартні вироби		
		5		Гвинт M14x16ГОСТ 11738-84	9	
		6		Гвинт M18x42ГОСТ 11738-84	3	
		7		Гвинт M8x12ГОСТ 11738-84	3	
		8		Гвинт M12x24ГОСТ 11738-84	3	

					ЛП72.10.7242.006 – 70 СП		
Ізм	Лист	№ докум.	Пігнис	Дата			
Розроб.	Костюченко				Лит.	Лист	Листів
Перев.	Сівецький						
Н.контр.					"КП" ім.Ігоря Сікорського ІХФ		
Затвердив	Гондях						