

**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.Гондляр**

« _____ » _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності *133 – Галузеве машинобудування*

на тему: агрегат для виготовлення труб з модернізацією екструдера

Студент групи *IV к. ЛП-71* _____ **Мальчевський Олексій Тарасович** _____
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник проекту:

_____ кандидат технічних наук, доцент **Васильченко Г.М.**
(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)

Спеціальність – 133 – *Галузеве машинобудування*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **О.В.Гондлях**

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Мальчевському Олексію Тарасовичу

1. Тема проекту «Агрегат для виготовлення труб з модернізацією екструдера», керівник проекту Васильченко Геннадій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від «XX. XX» 202X р. № xxx
2. Термін подання студентом проекту XX.06.2021р.
3. Вихідні дані до проекту
Діаметр черв'яка – 90 мм, відношення довжини черв'яка до діаметра – 25, потужність двигуна – 50 кВт, тиск розплаву – 20 МПа, частота обертів черв'яка – 100 об/хв, ККД двигуна – 0,92.
4. Зміст пояснювальної записки
Реферат. Перелік позначень. I Пояснювальна записка. II Розрахунки. III Технологія машинобудування. Висновки. Перелік посилань. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу
ЛП71.137243.000-70ВЗ – Черв'ячний екструдер
ЛП71.137242.001-70СК – Головка для виготовлення труб
ЛП71.137242.002-70 – Черв'як
ЛП71.137242.003-70 – Черв'як + корпус модернізовані
ЛП71.137243.004-70СК – Кондуктор
ЛП71.137242.005-70 – Плакат 3D модель черв'яка
ЛП71.137240.006-70 – Плакат розрахунків на ЕОМ

6. Консультанти розділів проекту*

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

7. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Вступ. Технічна характеристика	06.02.2021-12.02.2021	
	Призначення і галузь застосування	13.02.2021-20.02.2021	
	Опис конструкції і принцип дії	21.02.2021-26.02.2021	
	Літературно-патентний огляд	27.02.2021-16.03.2021	
	Розрахунки	22.03.2021-06.06.2021	
	Охорона праці	25.05.2021-07.06.2021	
	Технологія машинобудування	21.05.2021-07.06.2021	
	Висновки	07.06.2021-10.06.2021	
	Графічна частина	23.04.2021-.03.06.2021	

Студент

О.Т. Мальчевський

Керівник проекту

Г.М. Васильченко

Перелік вкладень

Реферат з ключовими словами (укр..мова)

Реферат з ключовими словами (англ..мова)

Перелік позначень

I Пояснювальна записка до графічної частини ПЗ

II Розділ розрахунки РР

III Технологія машинобудування ТЕ

Висновки

Додатки

					ЛП71.137243.000-70ДП			
<i>Змін.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Мальчевський</i>				<i>Агрегат для виготовлення труб з модернізацією екструдера</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірів.</i>	<i>Васильченко</i>						1	
<i>Н. Контр.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ</i>		
<i>Утвердив.</i>	<i>Гондляр</i>							

РЕФЕРАТ

«Агрегат для виготовлення труб з модернізацією екструдера»:
Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування (освітня програма: Інжиніринг, обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів) / НТУУ «КПІ»; Керівник Васильченко Г.М. - с. Виконавець. – Мальчевський О.Т.

Робота складається з вступу і трьох розділів. Загальний обсяг роботи 68 аркушів основного тексту та 3 додатків.

Метою роботи є модернізація черв'яка і корпусу для виробництва труб з ПВХ. Спроектована лінія дозволить випускати труби з ПВХ, які мають значний ряд переваг в порівнянні з трубами з чавуну і сталі.

У даній роботі був спроектований черв'ячний прес ЧП-90. Виконані всі необхідні параметричні розрахунки, теплові розрахунки і розрахунки на міцність.

ЕКСТРУДЕР, ТРУБНА ЛІНІЯ, ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР, ПВХ,
ЧЕРВ'ЯК, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

ABSTRACT

"Unit for the manufacture of pipes with modernization of the extruder":
Diploma project of educational qualification level "bachelor" in specialty 133 -
Industry Engineering (educational program: Engineering, equipment for the
production of polymer and construction materials and products) / NTUU "KPI";
Head Vasilchenko G.M. - with. Performer. - Malchevsky O.T.

The work consists of an introduction and three sections. Total workload 68
main text sheets and 3 appendices.

The aim of the work is to modernize the worm and the case for the
production of polyvinyl chloride pipes. The designed line will allow to let out
pipes from PVC which have a considerable number of advantages in comparison
with pipes from pig-iron and steel.

In this work, the worm press WP-90 was designed. All necessary parametric
calculations, thermal calculations and strength calculations are performed.

EXTRUDER, PIPE LINE, WORM EXTRUDER, POLYVINYL
CHLORIDE, WORM, MODERNIZATION.

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

Київ – 2021 року

ЗМІСТ

I. Загальний розділ

Вступ.....	9
1.1. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується.....	10
1.1.1. Опис технологічного процесу виготовлення труб.....	10
1.1.2. Опис конструкції формуючої головки.....	11
1.2. Технічна характеристика базової машини.....	13
1.3. Опис конструкції та принцип роботи черв'ячного екструдера.....	14
1.4. Патентно-літературний огляд, обґрунтування запропонованої модернізації.....	16
1.4.1. Патентно-літературний огляд.....	16
1.4.2. Обґрунтування запропонованої модернізації.....	29
1.5. Охорона праці та навколишнього середовища.....	31
1.5.1. Повітря робочої зони.....	31
1.5.2. Пожежна безпека.....	35
1.5.3. Електробезпека.....	36
1.5.4. Промислове освітлення.....	37
1.5.5. Шум та вібрації.....	37
1.6. Очікувані механіко-економічні показники.....	39

II. Розрахунки

2.1. Розрахунки які підтверджують працездатність та основні геометричні розміри.....	41
2.1.1. Параметричний розрахунок черв'яка.....	41

					ЛП71.137243.000-70ПЗ			
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Агрегат для виготовлення труб з модернізацією екструдера	Лист.	Лист	Листів
Розробив	Мальчевський					7		
Перевірив.	Васильченко							
Н. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ		
Утвердив.	Гондляр							

2.1.2. Розрахунок черв'яка на міцність.....	42
2.1.3. Розрахунок корпусу екструдера на міцність.....	44
2.2. Кінематичний розрахунок головки черв'ячного екструдера.....	47
2.2.1. Розрахунок коефіцієнта геометричної форми голівки.....	47
2.2.2. Розрахунок продуктивності черв'ячної машини.....	49
2.2.3. Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці.....	50
2.3. Розрахунок потужності приводу екструдера.....	52
2.4. Тепловий розрахунок.....	53
III. Технологія машинобудування	
3.1. Технологія виготовлення деталі.....	57
3.2. Опис та призначення деталі.....	57
3.3. Вибір заготовки для виготовлення деталі.....	58
3.4. Технологічний процес виготовлення деталі.....	59
3.5. Вибір та розрахунок пристосування для певної операції.....	60
3.6. Вибір пристосування, опис конструкції та принцип дії.....	61
3.7. Розрахунок сил закріплення деталі.....	62
Висновки.....	63
Література.....	64
Додатки.....	66

Вступ

Метою виконання даного проекту є розробка ліній для виготовлення полімерних труб з розробкою черв'ячного екструдера, а саме: виконати параметричний розрахунок і розрахунки для міцності основних вузлів та деталей черв'ячної машини, що стануть доводом працездатності лінії.

Екструдер - це машина для виготовлення однорідного розплаву с гранульованого матеріалу і подальшому формування з нього різних виробів (в нашому випадку труб). Складається з таких деталей:

- корпус;
- робочій орган(шнек);
- бункер
- привод
- головки
- контрольно-вимірювальні пристрої;
- регулюючі пристрої.

Полівінілхлорид (ПВХ) - безбарвна, прозора пластмаса, термопластичний полімер вінілхлориду. Відрізняється хімічною стійкістю до лугів, мінеральних масел, багатьом кислот і розчинників. У чистому вигляді не підтримує горіння на повітрі, але вогнестійкість пластмас на його основі залежить від використаних добавок.

Також хочу висловити окрему подяку професору, та кандидату технічних наук Сівецькому Володимирі Івановичу, який проводив консультаційні роботи з приводу технічних питань на протязі всього семестру.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1.1. Призначення та галузь застосування виробу, який проектується

1.1.1. Опис технологічного процесу виготовлення труб

Труби з полівінілхлориду(ПВХ) дуже міцні, не піддаються корозії, більш зручні при монтажу, мають більший термін придатності, мають більшу жорсткість, витримують більші температури, придатні до роботи в різних умовах і не вступають в реакцію з іншими речовинами, здатні витримувати навіть сірну кислоту.

Основним призначенням лінії для виготовлення труб з полівінілхлориду, що проектується, є виготовлення труб діаметром 58 мм і товщиною стінки 4 мм з полівінілхлориду (ПВХ) методом безперервної шнекової екструзії, тобто безперервного проштовхування розплаву полімерного матеріалу через формуючу головку.

Лінія для виготовлення полімерних труб складається з наступних елементів: вакуумний завантажувач 1, черв'ячний екструдер 2, формуюча трубна головка 3, вакуумна охолоджувальна ванна 4, водяна охолоджувальна ванна 5, витягувальний пристрій 6, пристрій для розрізання 7, приймальний пристрій 8, рейки 9 (рис.).

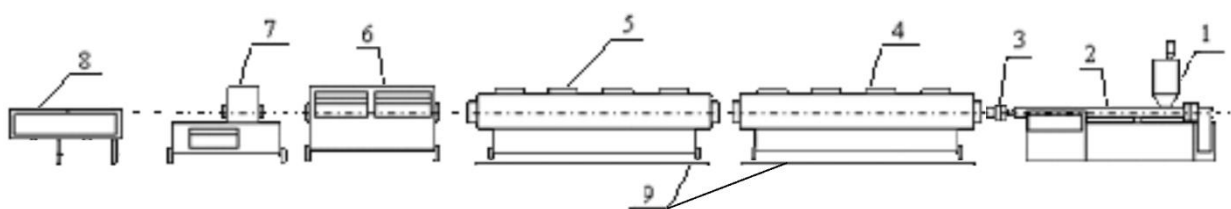


Рис. 1.1 Схема екструзійної лінії для виготовлення труб

Сама лінія працює за наступним принципом: матеріал у вигляді суміші (композиції) за допомогою вакуумного завантажувача подається через завантажувальну горловину на екструзійну лінію до бункера черв'ячного екструдера, потім дозатор випускає необхідну кількість матеріалу в черв'ячну зону екструдера, де відбувається змішування, гомогенізація і нагрівання матеріалу до температури пластифікації, після чого черв'як проштовхує матеріал у формуючу трубну головку, де відбувається

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

формування труби. Після головки труба, яка прийняла необхідну форму, проходить через охолоджувальні вакуумну і водяну ванни, так як лише при повному охолодженні вона перестає бути пластичною, також це дозволяє зберегти діаметр вихідної труби. Сам процес проходження труби через ванни відбувається за допомогою витягувального пристрою, який забезпечує транспортування труби з постійною швидкістю. Після всіх операцій труба подається на пристрій для розрізання, де вона автоматично розрізається на однакові довжини заздалегідь заданими параметрами. Розрізані на однакові довжини труби подаються на приймальний пристрій.

1.1.2. Опис конструкції формуючої головки

Основною функцією формуючої головки є надання необхідної форми кінцевій заготовці.

Складові компоненти головки: дорн, розсікач, дорнотримач, матриця, передня та задня частини роз'ємного корпусу, втулка, фланець, кільце, штуцер, термopара, нагрівник, кріпильні та регулювальні болти.

Формуюча головка працює за таким принципом:

Сама головка приєднується до екструдера за допомогою фланця. Змішуваний матеріал(композиція) потрапляє у формуючу головку через втулку, далі матеріал рухається до дорна, який складається з розсікача і дорна безпосередньо, де відбувається розділення композиції на потоки, з подальшим їхнім об'єднанням. Дорн утримується нерухомим за допомогою дорнотримача, який закріплений між двома частинами роз'ємного корпусу. Формування кінцевої форми труби відбувається в зоні розташування дорна і матриці (дорн призначений для формування внутрішнього діаметра труби, матриця – для зовнішнього). Матриця кріпиться у формуючій голівці за допомогою роз'ємного корпусу, кільця і регулювальних болтів.

Дорн і матриця являються змінними елементами, що дозволяє виготовляти труби різного діаметру і товщини.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для уникнення перегрівання дорну, в ньому розташований канал для подачі охолоджувальної рідини, яка подається через штуцер.

Для регулювання температури головки, в її корпусі встановлюється термопара.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.2. Технічна характеристика базової машини

Технічна характеристика несе в собі інформація про апарат. Саме за цими показниками проводиться порівняння зразка з подібними йому та для наступного вибору і обґрунтування обраного варіанту. Основні показники екструдера наведено в таблиці 2.1.

Технічні характеристики екструдера

Таблиця 2.1

Діаметр черв'яка, D	90 мм
Відношення довжини черв'яка до діаметра, L/d	25
Потужність двигуна, N	50 кВт
Тиск розплаву, P	20 МПа
Частота обертів черв'яка, n	100 об/хв
ККД двигуна, η	0,92

1.3. Опис конструкції та принцип роботи черв'ячного екструдера

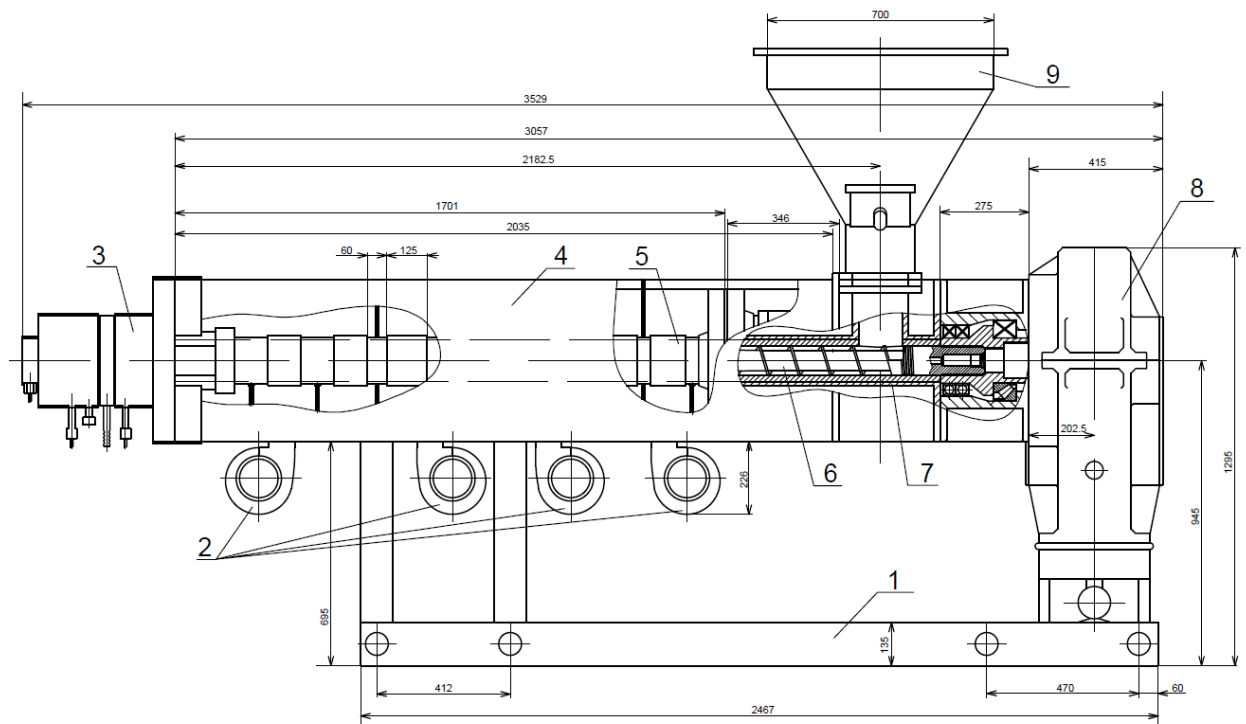
Головними складовими екструдера є: привід преса, завантажувальна воронка, корпус, шнек, система охолодження та система нагріву.

Головним робочим органом преса є корпус(4) в якому обертається черв'як(6). Діаметр черв'яка може бути від 10 до 600 мм та більше, а також відрізнятися геометрією, кроком витків, та плавністю збільшення стиску.

Екструдер працює наступним чином:

Полімерний матеріал потрапляє в зону завантаження через завантажувальний бункер(9) і падає на черв'як(6), що обертається за допомогою електромотора і редуктора(8).

Обертаючись, черв'як(6) проштовхує матеріал по всій довжині корпусу(4), який нагріває матеріал за допомогою нагрівачів(5).



1 – станина; 2 – вентилятори; 3 – головка; 4 – корпус; 5 – нагрівачі; 6 – черв'як; 7 – завантажувальна горловина; 8 – редуктор; 9 – завантажувальний бункер.

Рис. 3.1. Схема екструдера

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Після зони завантаження, матеріал потрапляє в зону пластикації, де відбувається його розплавлення, ущільнення та дегазація. При цьому об'єм каналу черв'яка поступово зменшується, це змушує продавлювати матеріал через менший перетин. Стиснення і обертання гвинта викликає тертя, яке виділяє тепло, це називається зсувним нагрівом. Це тепло разом з теплом від нагріву стінок корпуса(4) дозволяє нагріти полімерний матеріал до температури пластифікації до того моменту як матеріал транспортується в кінець екструдера.

Після зони пластикації, матеріал надходить в зону дозування, де відбувається перемішування полімерного розплаву і його надходження до формуючої головки(3).

Для охолодження завантажувальної горловини(7) та черв'яка(6) встановлено систему охолодження(2) на базі вентиляторів.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.4. Патентно-літературний огляд, обґрунтування запропонованої модернізації

1.4.1. Патентно-літературний огляд

Відомі конструкції черв'ячних екструдерів [1-3]. Дані конструкції мають непогані переваги, такі як надійність і простота у використанні та обслуговуванні. Основними недоліками цих конструкцій є невисокий рівень продуктивності, низька якість та неоднорідність вихідного продукту, що обумовлено недостатнім рівнем розплавлення гранул та їхнього подальшого змішування та гомогенізації, а також відсутністю системи дегазації.

Усунення недоліків, що було наведено вище, досягається удосконаленням конструкції черв'ячного екструдера [4-12].

У патенті [4] представлена корисна модель, що належить до обладнання для перероблення термопластичних матеріалів, зокрема до черв'ячних екструдерів з дегазацією перероблюваного матеріалу, і може бути використаний в полімер переробних екструзійних лініях.

В основу корисної моделі покладено задачу вдосконалити екструдер для перероблення термопластичних матеріалів, в якому нове виконання масопроводу спростило би конструкцію екструдера, а також зменшило би його енерго- і матеріалоємність.

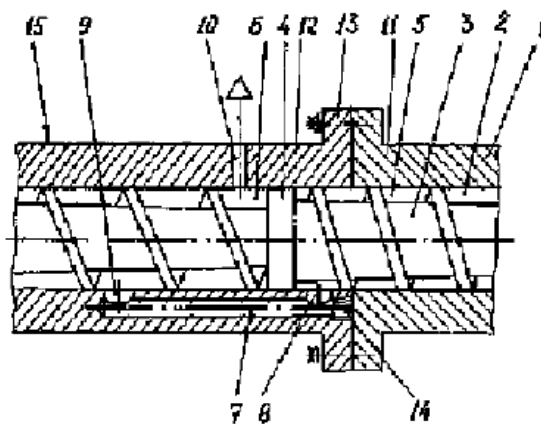


Рис.4.1. Поздовжній розріз екструдера.

Екструдер для перероблення термопластичних матеріалів містить корпус 1 з розташованим в його порожнині 2 з можливістю обертання

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

щонайменше одним черв'яком 3 з ущільнювальним елементом 4, що розділяє порожнину 2 корпусу 1 на дві частини 5 і 6, сполучені одна з одною за допомогою масопроводу 7 з вхідним 8 і вихідним 9 каналами, між якими в корпусі виконано дегазаційний отвір 10. Корпус 1 по довжині виконано щонайменше з двох секцій 11 і 12, з'єднаних між собою за допомогою фланцевого з'єднання 13, а масопровід 7 виконано у вигляді щонайменше одного поздовжнього отвору в стінці однієї із секцій 11 або 12 корпусу 1 з боку фланцевого з'єднання 13. При цьому зазначений отвір на вхідній ділянці споряджено заглушкою 14.

Екструдер працює таким чином.

Перероблюваний термопластичний матеріал просувається черв'яком 3 вздовж порожнини 2 корпусу 1 до ущільнювального елемента 4 і поступово нагрівається та ущільнюється. Враховуючи, що ущільнювальний елемент 4 не дає можливості матеріалу рухатися далі вздовж черв'яка 3 по порожнині 2 корпусу 1, то матеріал під надлишковим тиском виштовхується з частини 5 корпусу 1 крізь вхідний канал 8 до масопроводу 7, який прямує до вихідного каналу 9, крізь який потрапляє до частини 6 порожнини 2 корпусу 1. На ділянці розташування дегазаційного отвору 10 завдяки зменшенню тиску розплавленого термопластичного матеріалу газоподібні речовини, які виділилися з матеріалу, видаляються крізь цей отвір.

У патенті [5] представлена корисна модель, що належить до черв'ячного екструдера для переробки полімерних матеріалів та може бути використаний для переробки полімерних композицій, полімерів з різними інгредієнтами та високодисперсними наповнювачами в лініях для отримання та переробки полімерних матеріалів, які потребують підвищеної якості змішування.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення конструкції черв'ячного екструдера для переробки композиційних матеріалів шляхом введення нових конструктивних елементів і встановлення штифтів з можливістю переміщення. Це призведе до інтенсифікації процесів

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

змішування та гомогенізації і дозволить покращити якість кінцевого продукту, не змінюючи основної технологічної схеми процесу.

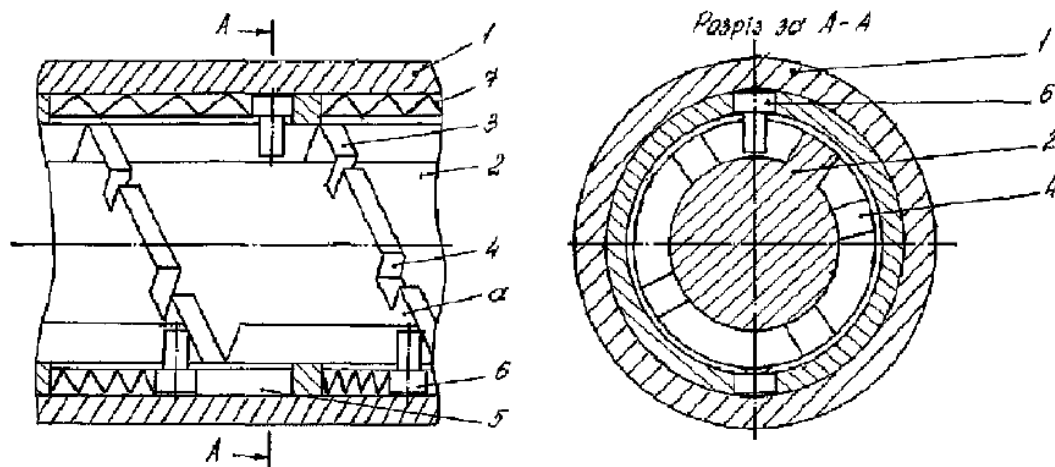


Рис.4.2. Подовжній розріз екструдера, а також розріз А-А, в зоні встановлення штифтів.

Черв'ячний екструдер для композиційних матеріалів містить складений корпус 1, черв'як 2 з нарізкою 3, яка переривається розривами 4. В корпусі 1 виконано поздовжні пази 5. В пази 5 вставлені штифти 6 з можливістю пересування в них, та пружини 7 з можливістю створення на штифти 6 зусилля, яке спрямоване вздовж осі екструдера проти течії матеріалу. Штифти 6 мають можливість вільного проходження крізь розриви 4.

Черв'ячний екструдер працює наступним чином.

При обертанні черв'яка 2 матеріал, що перероблюється, проходить в розплавленому вигляді в зону встановлення штифтів 6. Під час проходження крізь цю зону матеріал пересувається не тільки вздовж каналу, утвореного нарізкою 3 черв'яка 2, але й в осьовому напрямку крізь розриви 4 та пази 5. Штифти 6, що розташовані між витками нарізки 3, турбулізують потік матеріалу і збільшують швидкості зсуву в ньому. Коли передня поверхня а витка нарізки 3 наштовхується на штифт 6, останній пересувається вперед, одночасно рухаючись вздовж поверхні а і зчищаючи з неї матеріал. Це сприяє вирівнюванню властивостей матеріалу, що перероблюється, по об'єму каналу витків черв'яка 2. Доходячи до розриву 4, штифт 6 проходить крізь нього під дією зусилля пружини 7 у попередній виток нарізки 3,

виштовхуючи також назад порцію матеріалу, що сприяє кращому змішуванню та гомогенізації матеріалу вздовж осі черв'яка 2. При русі штифтів 6 відбувається більш інтенсивна зсувна дія на матеріал, що перероблюється, що інтенсифікує змішування його компонентів.

У патенті [6] представлена корисна модель, що належить до екструдера для переробки полімерних матеріалів високої в'язкості, зокрема для виробництва синтетичних волокон.

В основу винаходу поставлено задачу підвищення продуктивності за рахунок збільшення прохідного перетину в зоні дозування.

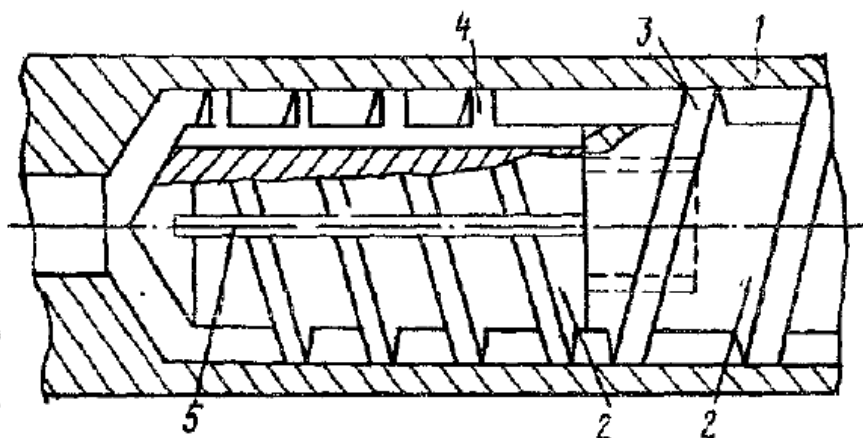


Рис.4.3. Екструдер для переробки полімерних матеріалів.

Екструдер містить гільзу 1, розміщений в ній черв'як 2, виконаний у вигляді сердечника з розміщеною на ньому гвинтовою нарізкою з зонами пластикації 3 і дозування 4. Нарізка витків в зоні дозування 4 виконана з прорізами 5 і з напрямком, протилежним напрямку нарізки витків в зоні пластикації 3.

Екструдер працює наступним чином.

Вихідний матеріал подається в зону пластикації 3, далі в зону дозування 4. Наявність прорізів 5 в зоні дозування 4 призводить до дроблення загального потоку на елементарні струмки і виникнення вихрових потоків. А так як зона дозування виконана з лівою нарізкою, частина загального переміщеного потоку знову подається назад і виникають рециркуляційні потоки. Таким чином, відбувається інтенсивне змішування і гомогенізація розплаву полімеру.

У патенті [7] представлена корисна модель, що належить до обладнання для перероблення полімерних матеріалів і може бути використаний у хімічній промисловості й промисловості будівельних матеріалів у технологічних лініях для виробництва виробів і напівфабрикатів з полімер-вмісних композицій з наповнювачем, наприклад, у вигляді деревних чи паперових частинок.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалити екструдер для виготовлення виробів з композицій на основі термопластичних полімерів і органічних наповнювачів, в якому нове взаємне розташування елементів екструдера, а також його спорядження дегазаційними каналами, забезпечило б можливість використання органічного наповнювача з вологістю до 8-10%, а отже дозволило б відмовитися від його попередньої термічної підготовки, що значно спростило б технологію одержання екструдованих виробів.

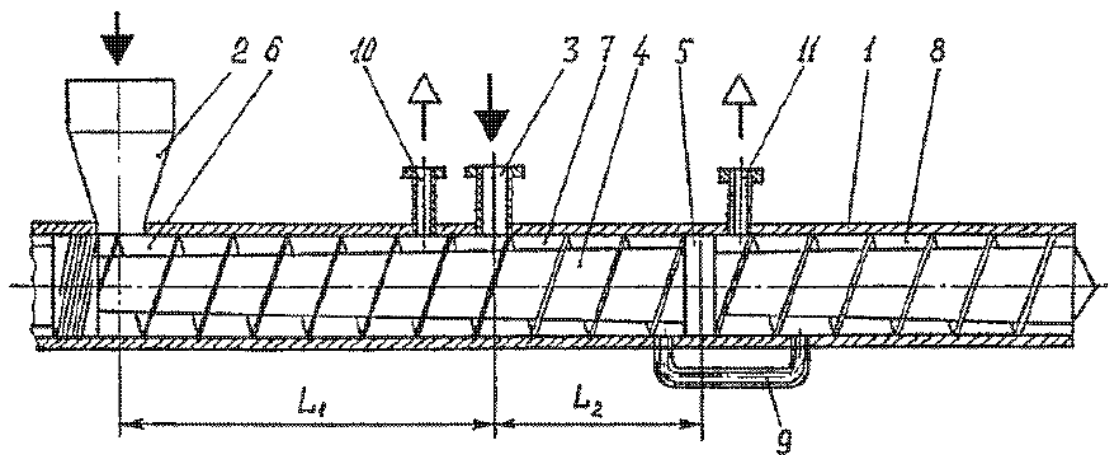


Рис.4.4. Поздовжній розріз екструдера.

Екструдер для виготовлення виробів з композицій на основі термопластичних полімерів і органічних наповнювачів містить порожнистий корпус 1 з послідовно розташованими вікнами для завантаження органічного наповнювача 2 і термопластичного полімеру 3 і розташований у корпусі 1 з можливістю обертання щонайменше один шнек 4 з ущільнювальним елементом 5, що розділяє порожнину 6 корпуса 1 на дві частини 7 і 8, сполучені одна з одною за допомогою масопроводу 9. Ущільнювальний елемент 5 розташований після вікна для завантаження полімеру 3, а корпус 1 на ділянці між вікнами 2 і 3, а також після ущільнювального елемента 5

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

шнека 4 споряджено дегазаційними каналами 10 і 11. Відстань L_1 між вікнами 2 і 3 вибирають у межах 2,5 - 3,5 діаметра D шнека 4, а відстань L_2 між вікном для завантаження термопластичного полімеру 3 й ущільнювальним елементом 5 шнека 4 - (3,0 - 4,0) D .

Екструдер працює таким чином.

Органічний наповнювач надходить у вікно 2, захоплюється витками шнека 4, ущільнюється й транспортується в напрямку вікна 3, куди подається полімер 3 наповнювача інтенсивно виділяється водяна пара й повітря, які видаляються крізь дегазаційний канал 10. Таким чином, полімер стикається з підготовленим наповнювачем, перемішується з ним і також транспортується в напрямку ущільнювального елемента 5. У вікно 3 бажано подавати підготовлений розплав полімеру, а не гранули чи порошок, що дозволяє значно скоротити загальну довжину екструдера і підвищити якість розплаву полімеру. Рухаючись вздовж корпуса 1, приготовлювана композиція "полімер-наповнювач" завдяки наявності ущільнювального елемента 5 змушений рухатись крізь масопровід 9, на виході з якого тиск різко падає і з приготовлюваної композиції видаляються залишки газоподібних включень, які відводяться крізь дегазаційний канал 11. Внаслідок цього зазначена композиція стає вільною від газових включень, що забезпечує високу якість одержуваного виробу.

У патенті [8] представлена корисна модель, що належить до обладнання для обробки органічної сировини і може бути використана для виробництва гранул комбінованих кормів із поживної рослинної сировини, деревно-полімерних композитів і органовмісних композитних матеріалів.

В основу корисної моделі поставлено технічну задачу створення такого екструдера, у якому за рахунок використання нової конструкції матриці і шнека вдалось би досягти необхідної глибини фізико-хімічних перетворень основних компонентів матеріалу, який підлягає обробці і, за рахунок цього, розширити сферу використання даного екструдера. Так, крім харчових

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

продуктів, можна використовувати органічні композитні матеріали і деревно-полімерні композити.

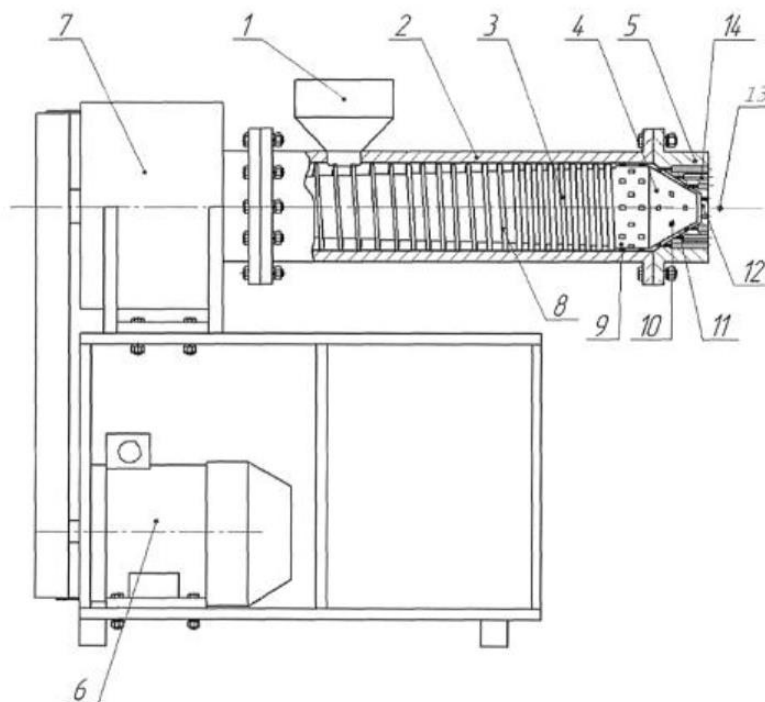


Рис.4.5. Фронтальний вигляд екструдера.

Екструдер містить патрубок завантаження 1, корпус 2, шнек 3 з конічним наконечником 4, калібрувальну матрицю 5. Шнек 3 обертається за рахунок приводу 6 через силову передачу 7. На поверхні вала 3 виконані витки 8 зі змінним шагом і товщиною витка. До конічного наконечника 4 приєднана циліндрична частина 9, довжина якої складає від 0,01 до 3 діаметрів D шнека 3. Конічний наконечник 4 має кут α при вершині, рівний від 5° до 170° . На конічному наконечнику 4 і на циліндричній частині 9, які знаходяться у зоні матриці 5 і у предматричній зоні виконані лопатки 10, розміщені по колам. Матриця 5 екструдера складається із конусоподібної частини 11 і частини 12, перпендикулярній осі шнека 13. Конусоподібна частина 11 матриці 5 повернута до шнека 3, при цьому кут β при вершині конусоподібної частини 11 матриці 5 більше кута α при вершині конічного наконечника 4 на $0-20^\circ$.

Екструдер працює наступним чином.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Вихідний продукт із патрубкa завантаження 1 надходить в зону витків 8 шнека 3 і захоплюється останнім за рахунок різниці сил тертя між продуктом і стінками корпусу 2 та витками 8 шнека 3. При цьому відбувається одночасне ущільнення продукту. У зазорі між циліндричною частиною 9 шнека 3 і корпусом 2, а також конічним наконечником 4 і матрицею 5 утворюються зони інтенсивного змішування з метою отримання однорідної суміші. Потім у зоні гомогенізації відбувається ущільнення і роздрібнювання продукту, що спричиняє утворення розплаву. Коли продукт попадає в зону циліндричної частини 9 (предматрична зона), він додатково підігрівається за рахунок підвищення сили тертя і тиску, що спричиняє інтенсивне механічне перемішування за допомогою лопаток 10, фізико-хімічні перетворення, термомеханічну деструкцію і в подальшому доведення продукту до однорідності. Однорідний продукт виходить із матриці крізь формуючі канали 14.

У патенті [9] представлена корисна модель, що належить до черв'ячного екструдера для обробки пластмасових матеріалів та еластомерів.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалити екструдер для обробки пластмасових матеріалів та еластомерів, що має між своїм входом і виходом дроселі для контролю потоку матеріалу, що екструдується.

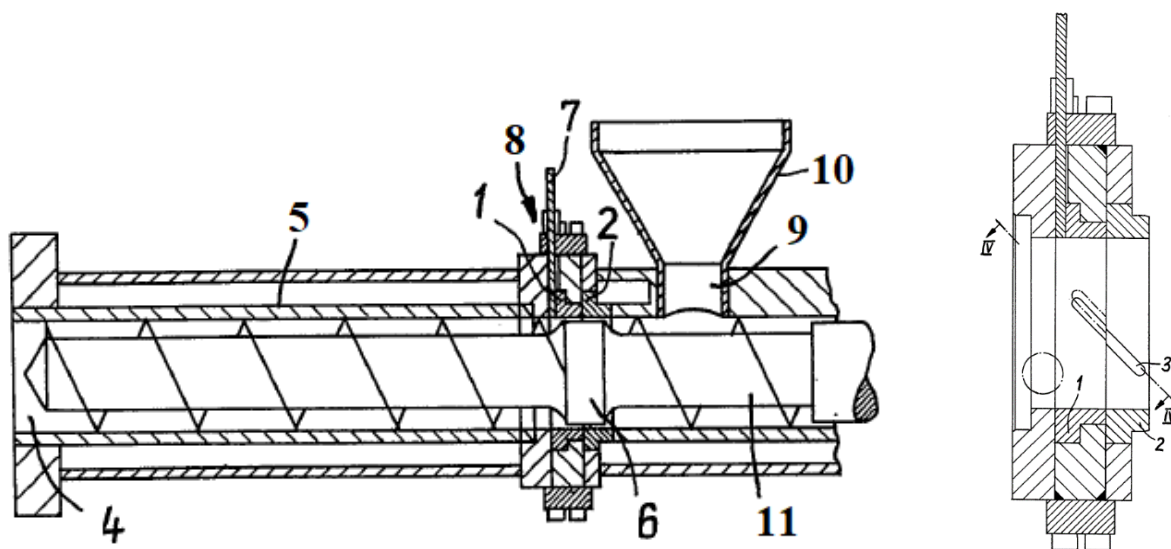


Рис.4.6. Черв'ячний екструдер для обробки пластмасових матеріалів та еластомерів.

Екструдер включає циліндричний корпус 5, що має вхідний отвір 9, до якого подається матеріал з бункера 10 і містить черв'як 11, що обертається в корпусі 5, за допомогою якого матеріал форсується через корпус 5 до виходу 4, регульований дросель 8 у корпусі, який складається з двох суміжних і відносно обертаються гільз 1 і 2, які забезпечують щільне прилягання до комір 6 на черв'яку 11 і мають у своїх внутрішніх стінках прилеглі гвинтові канавки 3, в які екструдований матеріал спрямовується комірцем 6, так що ступінь дроселювання потоку матеріалу може регулюватися в залежності від ступеня перекриття канавки 3. Гільза 1 несе рукоятку 7, за допомогою якої вона може обертатися щодо втулки 2, щоб змінювати ступінь перекриття пазів і, отже, ступінь дроселювання потоку матеріалу.

У патенті [10] представлена корисна модель, що належить до черв'ячний екструдер для виробництва сумішей гумових або пластмасових матеріалів.

В основу винаходу покладено задачу забезпечення екструдера для обробки каучукових або пластмасових матеріалів, що містить черв'яка, розміщеного в корпусі, що містить у напрямку транспортування матеріалом черв'яка три послідовні зони, причому перша зона пристосована для періодичного закриття з усіх боків таким чином, щоб сформувати закриту змішувальну камеру, яка при відкритті дозволяє скидати змішані матеріали черв'яком у другу зону, причому друга зона є зоною зберігання та транспортування, що має об'єм, достатньо великий для забезпечення буфера для матеріалів, які періодично заряджаються до неї і безперервно скидається з неї до третьої зони, причому третя зона являє собою зону вигнання, що служить для транспортування матеріалу до виходу екструдера.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

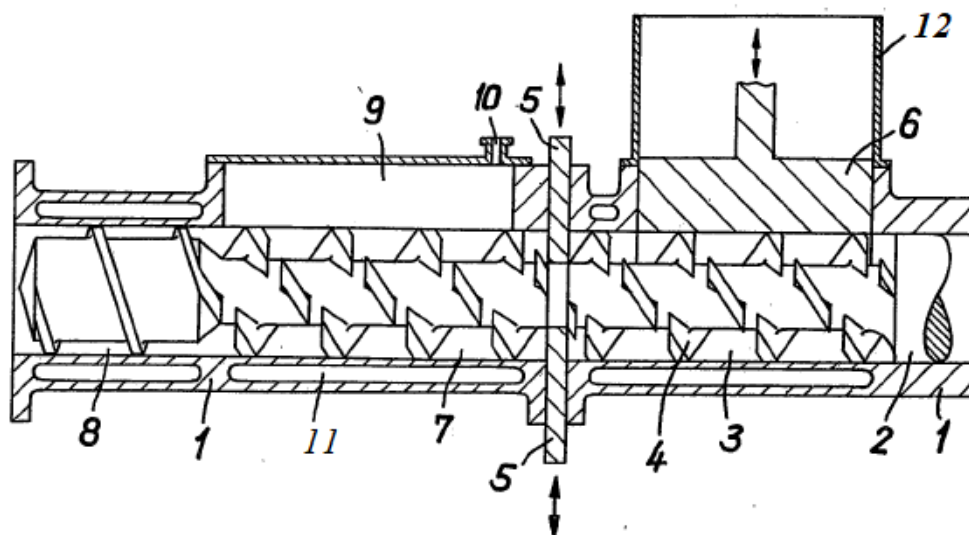


Рис.4.7. Поздовжній розріз екструдера

Екструдер включає черв'як 2, який працює в корпусі 1, який включає початкову камеру змішування 3. Частина черв'яка 2 в камері 3 має спіраль 4, яка працює як для транспортування, так і для змішування матеріалу, який подається через завантажувальний отвір 12, і яка можуть мати отвори або зазори. Змішувальна камера 3 може бути повністю закрита запірним пристроєм 5 на її виході та поршнем 6. Поза змішувальною камерою 3 знаходиться зона зберігання 7, за якою слідує зона вигнання 8. Зона зберігання 7 має кишеню 9, яка знаходиться зовні від контуру черв'яка і має достатню ємність, щоб запобігти стрибкам тиску при відкритті запірного пристрою 5 не потрапити в зону вигнання 8. Кишеня 9 має з'єднання 10 для вакуумного насоса, який подає дегазує матеріал у зоні зберігання 7. Корпус має порожнини 11, які служать каналами для охолодження води.

Екструдер працює наступним чином.

Матеріал завантажується в екструдер через вхідний прохід 12, що містить плунжер 6. Потім плунжер 6 подає матеріал у змішувальну камеру 3 і одночасно відсікає цю камеру від вхідного проходу 12. На цьому етапі запірний пристрій 5 також закривається, і матеріал піддається інтенсивному перемішуванню. Після завершення перемішування запірний пристрій 5 за допомогою пневматичних або гідравлічних циліндрів, відкривається і частина черв'яка в змішувальній камері 3 подає матеріал в зону зберігання 7.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Після спорожнення змішувальної камери 3 запірний пристрій 5 знову закривають і в камеру 3 змішування вводять наступний заряд матеріалу.

У патенті [11] представлена корисна модель, що належить до черв'ячного екструдера для формування полімерних матеріалів і який може бути використовуватись в харчовій, зернопереробній і інших галузях промисловості.

В основу винаходу покладено технічне рішення, яке дозволяє підвищити надійність роботи екструдера і його продуктивність. Це досягається тим, що екструдер для переробки полімерних матеріалів містить кільцевий виступ, який має конічну і циліндричну поверхні для поступового зменшення зазору між виступом і внутрішньої гвинтовою поверхнею втулки, причому на циліндричній поверхні виконані гвинтові канавки з трапецеїдальним поперечним перерізом.

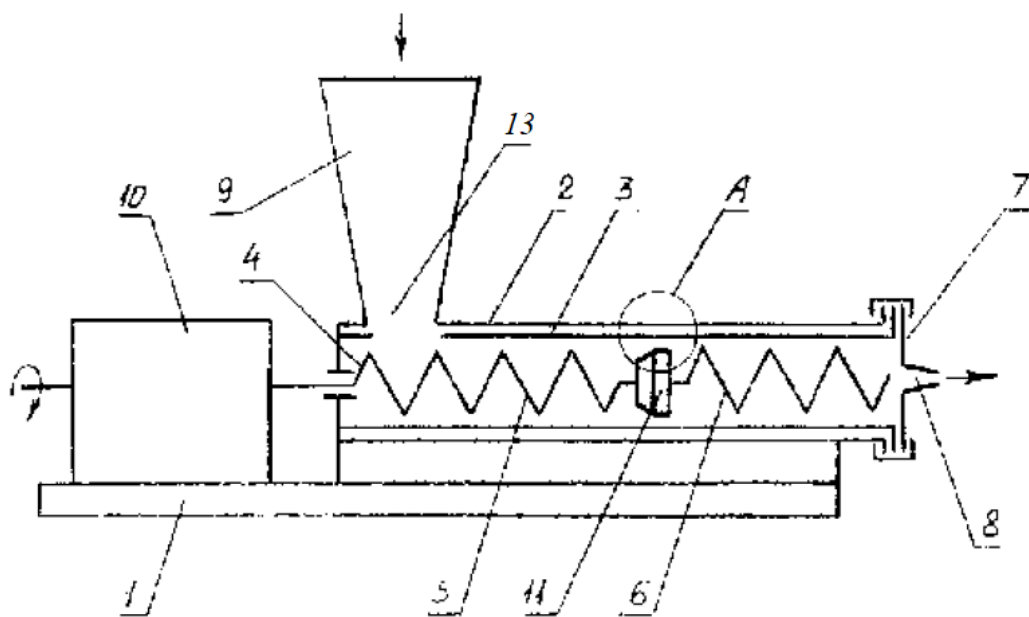


Рис.4.8.1. Загальний вигляд екструдера

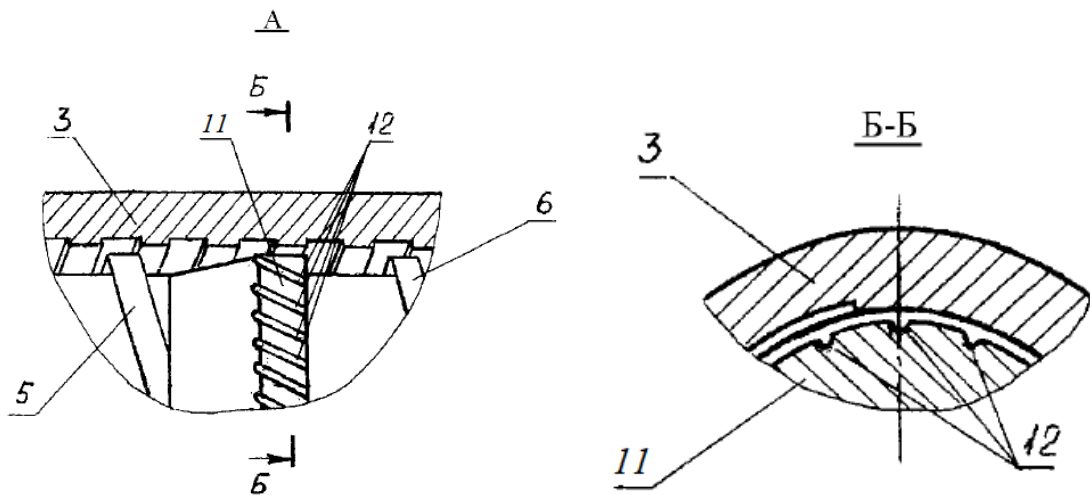


Рис.4.8.2. Елемент шнека з кільцевим виступом Рис.4.8.3. Поперечний розріз втулки і шнека

Екструдер складається зі станини 1, корпусу 2, втулки 3 з гвинтовою нарізкою, шнека 4 з гвинтовою нарізкою, розділеного на дозуючу 5 і нагнітаючу 6 зони, матриці 7 з формуючим отвором 8, бункера 9, вузла 10 з підшипниками і приводом. У середній частині, між дозуючою 5 і нагнітальною 6 зонами, шнек містить кільцевий виступ 11, який має конічну і циліндричну поверхні для поступового зменшення зазору між виступом і внутрішньої гвинтовою поверхнею втулки. На циліндричній поверхні виступу 11 виконані гвинтові або похилі канавки 12 з трапецеїдальним поперечним перерізом. У корпусі 2 екструдера в зоні розташування бункера 9 виконано завантажувальний отвір 13, що збігається з отвором у втулці 3.

Екструдер працює наступним чином.

Матеріал завантажується в бункер 9, далі через завантажувальний отвір 13 в корпусі 2 екструдера потрапляє під втулку 3, захоплюється обертальною гвинтовою навивкою шнека 4 і транспортується дозуючою частиною шнека до кільцевого виступу 11. Внаслідок поступового зменшення зазору між зовнішньою поверхнею виступу 11 і внутрішньою гвинтовою поверхнею втулки 4 відбувається плавне стиснення, подрібнення і розігрів матеріалу, що переробляється, що виключає підгоряння матеріалу. В результаті впливу високої температури, вологи і тиску матеріал перетворюється в пластичну

масу, яка нагнітаючою частиною шнека видавлюється з матриці 7 через циліндричний формуючий отвір 8. Гвинтові або похилі канавки 12 на циліндричній поверхні виступу 11 сприяють кращому подрібненню і перемішуванню перероблюваного матеріалу, забезпечують багаторазове розрізання та деформування матеріалу в зоні дії високого тиску. Трапецеїдальна форма гвинтової канавки 12 дозволяє зменшити потік пластичної маси в зворотному напрямку в бік завантажувального отвору 13.

У патенті [12] представлена корисна модель, що належить до черв'яків екструдера, розділених у напрямку екструзії на безліч зон.

В основу винаходу покладено технічне рішення, яке дозволить зменшити довжину черв'яка екструдера, а також уникнути сильного нагрівання. Це досягається тим, що черв'як екструдера розділений на безліч зон, які йдуть одна за одною в напрямку екструзії, при цьому структура черв'яка, щонайменше, в одній із зон включає додаткову навивку, що має інший крок і іншу глибину.

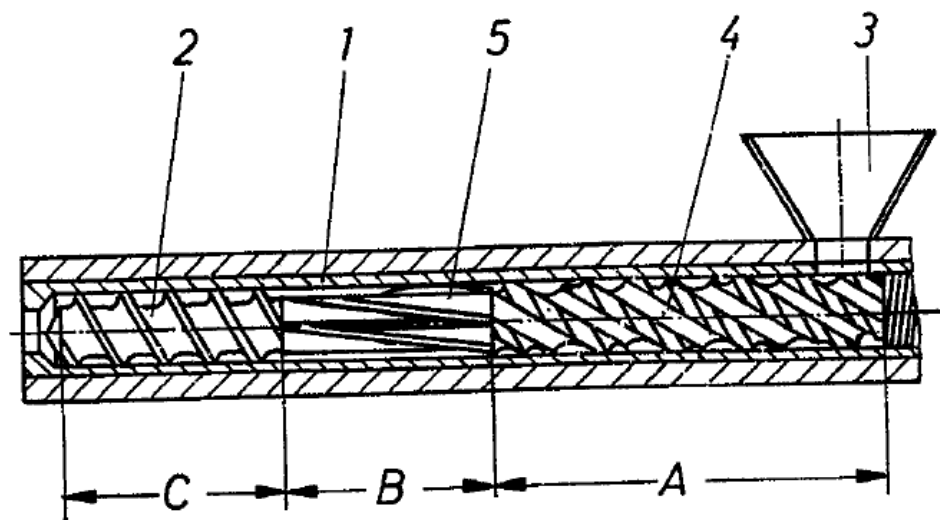


Рис.4.9.1. Повздовжній розріз екструдера.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

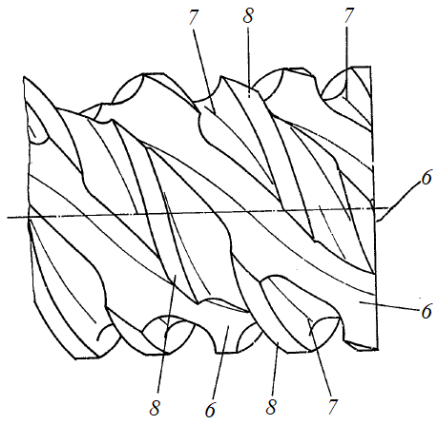


Рис.4.9.2. Навивка черв'яка в зоні завантаження

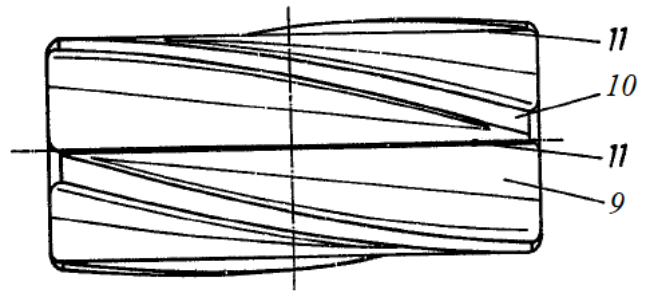


Рис.4.9.3. Навивка черв'яка в зоні пластикації

Екструдер, показаний на малюнку 9.1, має корпус 1, в якому розміщений черв'як, який поділений на три зони. У зоні завантаження А, під бункером 3, знаходиться черв'ячна секція 4, яка має нарізку 7, навивку 8 і ще одну нарізку 6 з більшим кроком. У зоні пластикації В знаходиться секція черв'яка 5, ця секція має початок різьби 9 і посадку 10, які утворюють дуже великий крок черв'ячної навивки. Черв'ячна секція 2 у зоні дозування С має звичайну конструкцію.

Екструдер працює наступним чином.

Матеріал подається в екструдер через завантажувальний бункер 3 у зону завантаження А, в якій досягається хороша гомогенізація, попередня пластифікація та нагрівання матеріалу. Потім матеріал переходить в зону пластикації В, з подальшим переходом в зону дозування С.

1.4.2. Обґрунтування запропонованої модернізації

В результаті проведення патентно-літературного огляду, було обрано технічні рішення [4,12].

Дані модернізації було обрано тому, що їх застосування дозволить значно покращити продуктивність, рівень переробки матеріалу, якість вихідного продукту, а також систему дегазації.

Модернізацію [4] було обрано з тієї причини, що вона дозволяє спростити конструкцію екструдера, а також зменшити його енерго- і матеріалоємність за рахунок виконання на черв'яку екструдера ущільнювального елемента, який розділяє порожнину корпуса на дві частини, сполучені одна з одною за допомогою масопроводу, що виконаний у вигляді щонайменше одного поздовжнього отвору в стінці корпуса, з вхідним і вихідним каналами, між якими розташований дегазаційний отвір, який дозволить суцільно підвищити якість полімерних виходів за рахунок ліквідації окремих бульбашок і піноутворення всієї маси розплаву.

Модернізація [12], дана модернізація дозволить зменшити довжину черв'яка екструдера, а також покращити рівень переробки матеріалу і уникнути сильного нагрівання. Це досягається тим, що черв'як екструдера в зоні завантаження включає додаткову навивку, що має інший крок і іншу глибину. За рахунок цього в зоні завантаження досягається хороша гомогенізація, попередня пластифікація та нагрівання матеріалу.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

1.5. Охорона праці та навколишнього середовища

Охорона праці та техніка безпеки є важливою складовою будь якого підприємства, визначаючи людину як головну цінність, адже його безпека і здоров'я дозволить зробити виробничий процес більш чіткішим та продуктивнішим. Відповідно до ст. 49 Закону України «Про охорону праці» за порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці, керівники підприємств притягуються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно із законодавством.

Технічне завдання дипломного проекту – «агрегат для виготовлення труб з модернізацією екструдера». Лінія для виготовлення полімерних труб використовується для виготовлення труб, які застосовуються при прокладці внутрішніх і зовнішніх каналізацій, у системах холодного та гарячого водопостачання, для транспортування речовин різної температури.

Управління лінією, а також задання технологічних параметрів здійснюється оператором. Сама консоль розташована у виробничому приміщенні, площа якого $S = 1000 \text{ м}^2$, об'єм $V = 3400 \text{ м}^3$.

Шкідливі та небезпечні фактори виробництва при експлуатації і обслуговування лінії:

- Повітря робочої зони;
- Пожежна безпека;
- Вплив деталей чи механізмів, що рухаються або обертаються, а також матеріалу, що переміщується;
- Ураження електричним струмом;
- Промислове освітлення;
- Виробничий шум і вібрації, які перевищують допустимі норми.

1.5.1. Повітря робочої зони

Очищення повітря робочої зони відбувається за допомогою вентиляції, яка слугує для видалення шкідливих газів та пилу з повітря.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Система вентиляції складається з приймача, який всмоктує шкідливі випари, повітряводів, вентиляторів, очисних фільтрів, відводів.

Приймачі встановлюються над формуючою головкою черв'ячного екструдера та завантажувальною горловиною, запобігаючи викиду шкідливих речовин в атмосферу робочої зони.

Витрата повітря, що видаляється витяжним зонтом: $L = 360 \text{ м}^2$.

Втрата повітря компенсується вентилятором МУ4, частота обертання якого $n = 950 \text{ об/хв}$, ККД = 0,3 (за ГОСТ 12.1.005-88).

Робота обслуговування лінії виробництва труб відноситься до категорії – легка (за ГОСТ 12.1.005-88).

В умовах роботи, енергія яка споживається оператором становить 150 – 200 ккал/год, тож умови роботи відносяться до категорії середньої тяжкості.

Температура повітря в періоди року:

- теплий – 20 - 23°C;

- холодний – 18 - 22°C.

Відносна вологість: 40 – 70%.

Швидкість руху повітря: 0,3 м/с.

Отже умови навколишнього середовища даної робочої зони відповідають «Державним санітарним нормам» (ДСН 3.3.6.042-99).

Фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря залежні від періоду року наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Період року	Категорія роботи - легка		
	Температура	Відносна вологість	Швидкість руху повітря
	°C	%	м/с
Холодний або перехідний	20 - 23	60 - 40	0,2
Теплий	22 - 25	60 - 40	0,2

У холодну пору року підігрів приміщення здійснюється батареями, нагрітими до температури 50 - 60°C, у теплу – вентиляцією.

Під час роботи лінії для виготовлення полімерних труб відбувається виділення газу та пилу, які є токсичними для людського організму. Для того щоб усунути ці шкідливі компоненти з повітря, над самим агрегатом встановлюється місцева вентиляція (за ДБН В.2.5-67:2013).

Витяжка встановлюється над формуючою головкою і завантажувальною горловиною (рис.5.1). Застосовуються приймачі типу зонт. При чому отвір вхідного отвору зонти більший ніж у джерела.

Розміри зонти:

Висота підвісу зонти зазвичай приймається в діапазоні 1,6 – 1,8м, але, так як верхня частина завантажувального бункера знаходиться на висоті 1,9м, а верхня частина головки – 1,15м, тоді приймаємо такі розміри:

- для зонти над завантажувальною горловиною $H_1 = 1,95\text{м}$;

- для зонти над формуючою головкою $H_2 = 1,2\text{м}$.

Визначаємо розміри прямокутного зонти за формулами:

$$A = a + 0,8h;$$

$$B = b + 0,8h;$$

де a , b – сторони перекритої поверхні, м; h – відстань від зонти до перекритої поверхні, м;

$$h_1 = 0,3\text{м}, h_2 = 0,2\text{м}, a_1 = b_1 = 0,7\text{м}, a_2 = b_2 = 0,47\text{м};$$

$$A_1 = B_1 = 0,7 + 0,8 \cdot 0,3 = 0,94\text{м} \text{ – над завантажувальною горловиною};$$

$$A_2 = B_2 = 0,47 + 0,8 \cdot 0,2 = 0,63\text{м} \text{ – над формуючою головкою}.$$

Для того щоб вісьова швидкість в перерізі зонти була близькою до середньої по всьому його перерізу, кут зачинення зонти ϕ приймаємо за 60°.

Повна висота зонти:

$$h_3 = \frac{A-D}{2tg\frac{\phi}{2}} + h_6, \text{ м};$$

де $D = 0,3\text{м}$ – діаметр витяжної труби;

$h_6 = 0,2\text{м}$ – висота борту;

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$h_{31} = \frac{0,94-0,3}{2tg\frac{60}{2}}+0,2 = 0,75\text{м};$$

$$h_{32} = \frac{0,63-0,3}{2tg\frac{60}{2}}+0,2 = 0,49\text{м};$$

Приймаємо:

$$h_{31} = 0,75\text{м};$$

$$h_{32} = 0,5\text{м}.$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від зонтів

$$J_{\text{в}} = 3600 \cdot F \cdot V_0, \text{ м}^3/\text{год};$$

де F – площа розрахункового перерізу, м^2 ;

$$F = 0,94 \cdot 0,94 + 0,63 \cdot 0,63 = 1,28\text{м}^2;$$

$V_0 = 0,5$ м/с – середня швидкість в розрахунковому перерізі зонтів;

$$J_{\text{в}} = 3600 \cdot 1,28 \cdot 0,5 = 2304 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Обираємо осьовий вентилятор МЦ-4:

- продуктивність $J_{\text{в}} = 2500 \text{ м}^3/\text{год}$;
- розвинутий повний тиск $H_{\text{в}} = 100$ Па;
- частота обертання $n = 1450$ об/хв;
- ККД $\eta = 0,42$.

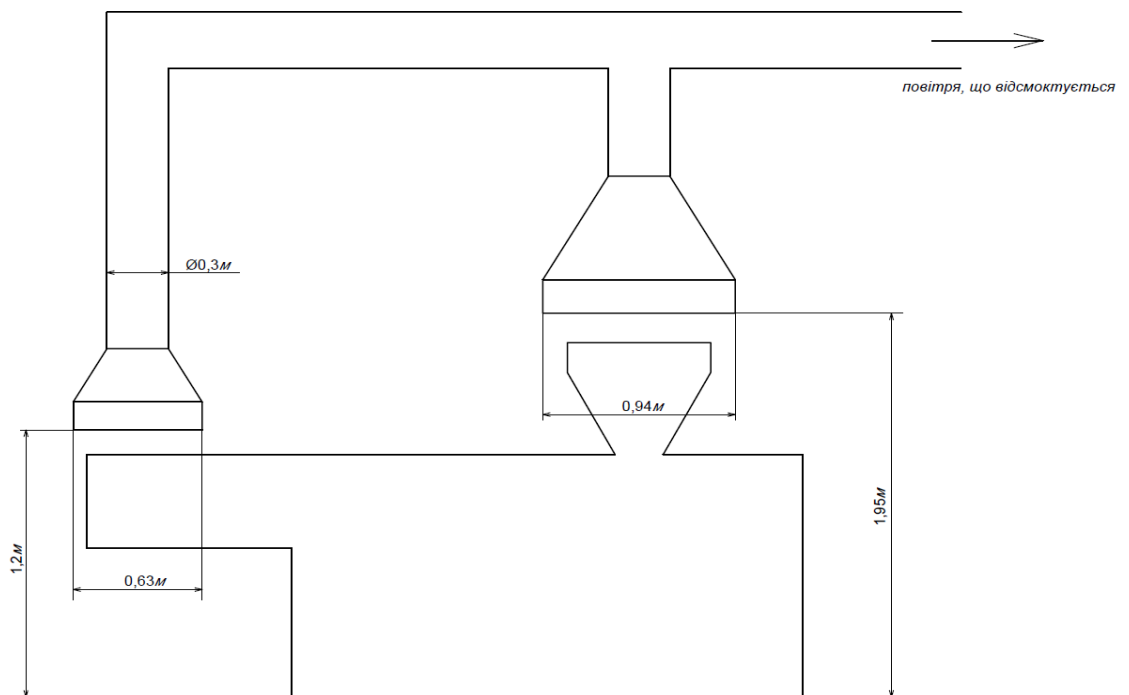


Рис. 5.1. Схема витяжної вентиляції

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Робимо підбір електродвигуна для вентилятора, для цього знаходимо необхідну потужність на валу електродвигуна:

$$N = \frac{1200 \cdot 100}{3600 \cdot 102 \cdot 0,42 \cdot 0,7} = 1,1 \text{ кВт.}$$

Потужність електродвигуна N_d розраховується з коефіцієнтом запасу 1,5. Обираємо електродвигун, потужність якого $N_d = 1,65$ кВт, частота обертання $n = 1450$ об/хв.

1.5.2 Пожежна безпека

Протипожежна безпека є невід'ємною частиною організації робочого процесу на підприємстві. У робочому приміщенні, де розташована лінія для виготовлення полімерних труб, є ризик займання таких елементів:

- машинне масло;
- електропроводка;
- електрообладнання;
- ганчірки;
- деякі компоненти полімерної сировини.

Серед складових полімерної сировини: ацетон, метиловий спирт, ацетальдегід, формальдегід, окис та двоокис вуглецю – займаються при температурі 120°C і вище; кислоти, ефіри, перекисневі сполучення - 150°C і вище.

Отже, приміщення, де розташована лінія виготовлення труб має характеристики:

- категорія – В (за ДСТУ Б В.1.1-36:2016);
- клас зони – П-Па (за ПУЕ-2017);
- ступінь вогнестійкості – III (за ДБН В.1.1-7:2016).

Температура спалаху рідин, пилу та волокон на даному виробництві - 61°C . Дані тверді матеріали і речовини здатні лише займатися, а не вибухати.

Причини виникнення пожежі на підприємстві:

- іскри при електричних і зварювальних роботах;
- несправне електрообладнання;
- струм;

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

- великий рівень тертя між поверхнями.

Заходи для уникнення пожежі передбачають застосування важкозаймистих матеріалів, а також відповідні організаційні заходи безпеки.

Засоби гасіння пожежі: порошкові вогнегасники САМ – 9 (84 шт.).

Засоби гасіння включених електромереж: порошкові вогнегасники ОП-10 (10 шт.).

У разі виникнення пожежі, на підприємстві передбачена пожежна сигналізація, яка інформує робітників про негайну евакуацію з приміщення. На підприємстві має знаходитись як мінімум два шляхи аварійної евакуації, ширина яких не менше 1 м, ширина дверей – не менше ніж 0,8 м. Саме робоче приміщення мусить знаходитись на першому поверсі будівлі (за СНиП 2.09.02-85).

1.5.3 Електробезпека

Робоча зона, де знаходиться лінія для виготовлення полімерних труб, це сухе приміщення з нормальною температурою та вологістю повітря. Підлога робочої зони залізобетонна, тож приміщення, згідно з «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ), не належить до приміщень з підвищеною небезпекою [20].

Тип електромережі – різноманітний, із глухо заземленою нейтраллю.

Напруга і частота, що використовується на лінії виробництва:

- на пульті керування: $U = 220\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$;
- на електродвигун: $U = 380\text{В}$, $f = 50\text{Гц}$.

З урахуванням усього перерахованого, основними заходами безпеки для уникнення пошкоджень від електричного струму є:

- ізоляція;
- захисне занулення;
- недосяжність елементів по яких проходить струм;
- розділяючі трансформатори;
- рубильники вмикання, які знаходяться в спеціальних шафах;

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

- засоби індивідуальної безпеки (діелектричні рукавички та чоботи, гумові килимки).

З цією ж метою, категорично забороняється:

- залишати працюючу лінію без нагляду;
- допускати у робоче приміщення сторонніх осіб, а також людей, що не пройшли перевірку з питань охорони праці та техніки безпеки;
- працювати на вузлах лінії, які не піддалися заземленню;
- проводити ремонт та розборку лінії на робочому агрегаті;
- запалювати сірники та запальнички, курити, проводити зварювальні роботи.

1.5.4 Промислове освітлення

Агрегат, а також лінія для виготовлення труб розташована у закритому приміщенні, площа якої $S = 1000 \text{ м}^2$, об'єм $V = 3400 \text{ м}^3$. Лінія працює у дві зміни, саму роботу виконує один оператор. З причини відсутності у приміщенні віконних отворів, освітлення робочої зони використовується штучне.

Характеристика зорових робіт:

категорія – IV В;

розміри найменшого предмету різниці – 0,5 – 1мм.

Характеристика фону:

фон - світлий;

контраст об'єкта з фоном – великий.

Отже, в приміщенні встановлено 300 галогенових ламп типу ДР4-400(400Вт), світловий потік яких 32000лм, це збільшує освітлення до 350люкс, тож дане приміщення відповідає «Державним будівельним нормам України» (ДБН В.2.5-28-2018).

1.5.5 Шум та вібрації

Шум та вібрація є невід'ємними частинами на підприємствах, вони зазвичай виникають в обладнаннях механічного характеру.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Джерела шуму:

- редуктор;
- електродвигун;
- система охолодження(вентилятори);

Значення шуму при експлуатації обладнання $L_{вдж} = 100$ дБА.

Для обмеження рівня шуму на підприємстві необхідне дотримання наступних умов:

- змащування всіх поверхонь між якими відбувається тертя;
- застосування захисних прокладок і кожухів.

Це дозволить зменшити рівень шуму на $\Delta L = 30$ дБА.

Джерела вібрації:

- електродвигун;
- обертові частини лінії.

Основними причинами вібрації є неточно встановленні деталі, а також нещільні з'єднання між тілами обертання.

Технологічна вібрація, яка виникає на лінії, проходить через фундаментальні поверхні до оператора, який піддається вібрації, але, оскільки він знаходиться біля пульта керування, тобто на далекій відстані, то результуюча вібрація, що доходить до робітника, не впливає на його організм.

У робочому приміщенні максимальний рівень технологічної вібрації становить 90 дБ, частота – 4 Гц, що відповідає «Державним санітарним нормам виробничої загальної та локальної вібрації» (ДСН 3.3.6.039-99).

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

1.6. Очікувані механіко-економічні показники

Як було зазначено раніше, в результаті проведення літературно-патентного огляду було обрано технічні рішення [4,12].

Дані модернізації несуть за собою суттєві покращення якості вихідного продукту, а також продуктивності агрегату.

Модернізація [4], представляє собою розділення порожнини корпусу на дві зони ущільнювальним елементом, які сполучаються між собою масопроводом, виконаним у корпусі, а також дегазаційний отвір, що розташований між вхідним і вихідним каналами масопровода.

Переваги: зменшення енерго- і матеріалоємності екструдера, підвищення якості полімерних виходів за рахунок ліквідації окремих бульбашок і піноутворення всієї маси.

Недоліки: збільшення кількості операцій при виготовленні черв'яка та корпусу.

Модернізація [12] виражається тим, що черв'як екструдера в зоні завантаження включає додаткову навивку, що має інший крок та іншу глибину.

Переваги: досягнення хорошої гомогенізації, попередньої пластифікації та нагрівання матеріалу в зоні завантаження.

Недоліки: збільшення кількості операцій при виготовленні черв'яка.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

РОЗДІЛ II
РОЗРАХУНКИ

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

II. Розрахунки

2.1. Розрахунки які підтверджують працездатність та основні геометричні розміри

2.1.1. Параметричний розрахунок черв'яка

Черв'як є основним вузлом черв'ячної машини і призначений для транспортування полімерного матеріалу від завантажувальної лійки до формуючої головки, а також для ретельного перемішування і видавлювання з головки.

Діаметр черв'яка є основним параметром, та дорівнює $D = 90$ мм.

1. Довжина гвинтової частини черв'яка:

$$L = 25 \cdot 90 = 2250 \text{ мм}$$

2. Довжина зони завантаження приймається:

$$L_{\text{зав}} = (4 \div 7) \cdot D = 5 \cdot 90 = 450 \text{ мм}$$

3. Довжина зони дозування приймається:

$$L_{\text{доз}} = (3 \div 8) \cdot D = 7 \cdot 90 = 630 \text{ мм}$$

4. Довжина зони стиску приймається:

$$L_{\text{ст}} = L - L_{\text{доз}} - L_{\text{зав}} = 2250 - 630 - 450 = 1170 \text{ мм}$$

5. Товщина витка:

$$e = (0,08 \div 0,12) \cdot D = 0,09 \cdot 90 = 8,1 \text{ мм}$$

6. Крок гвинтової навивки:

$$t = (0,8 \div 1,2) \cdot D = 1 \cdot 90 = 90 \text{ мм}$$

7. Глибина нарізки черв'яка в зоні завантаження складає:

$$h_1 = (0,12 \div 0,16) \cdot D = 0,15 \cdot 90 = 13,5 \text{ мм}$$

8. Діаметр осердя в зоні завантаження:

$$d_1 = D - 2 \cdot h_1 = 90 - 2 \cdot 13,5 = 63 \text{ мм}$$

9. Діаметр черв'яка в зоні дозування:

$$d_2 = D - 2 \cdot h_2 = 90 - 2 \cdot 4 = 82 \text{ мм}$$

10. Глибина нарізки в зоні дозування складає:

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

11. Довжина циліндричної зони хвостовика:

$$L_{\text{цил}} = (0,7 \div 1,5) \cdot D = 1,3 \cdot 90 = 117 \text{ мм}$$

12. Довжина шліцевої частини:

$$L_{\text{шлі}} = (1 \div 2) \cdot D = 1,5 \cdot 90 = 135 \text{ мм}$$

13. Зазор між черв'яком і корпусом складає:

$$\delta = (0,002 \div 0,003) \cdot D = 0,18 \text{ мм}$$

2.1.2. Параметричний розрахунок черв'яка

Розрахункова схема сил, що діють на черв'як зображені на рисунку.

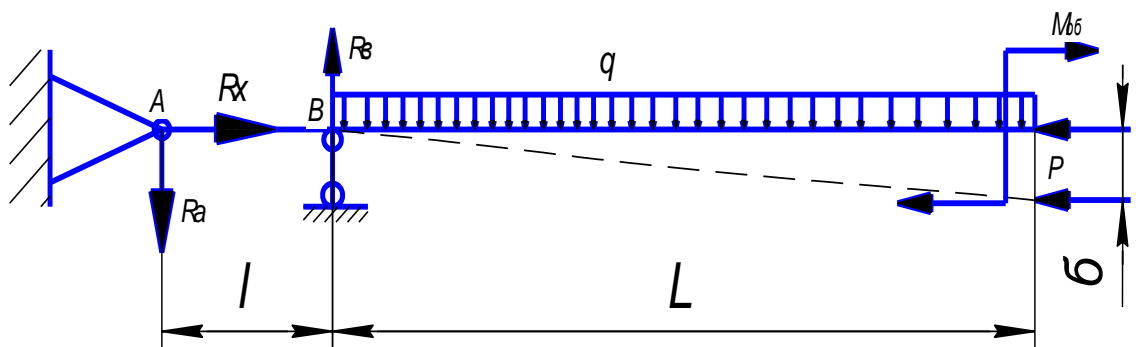


Рисунок 2.1.1. Схема сил, що діють на черв'як

На черв'як діє осьове зусилля, яке виникає у гвинтовому каналі черв'яка, та зусилля, що виникає при видавлюванні перед головкою.

1. Крутний момент, який діє на черв'як:

$$M_{\text{кр}} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 50}{100} = 4775 \text{ Нм}$$

Де $N = 50$ кВт – потужність, яка споживається черв'яком; $n = 100$ – частота обертання, об/хв.

2. Осьове зусилля:

$$P_{oc} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{D} \cdot \text{tg} \varphi = \frac{2 \cdot 4775}{0,09} \cdot 0,3 = 31,83 \text{ кН}$$

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Де $D = 0,09$ м – зовнішній діаметр черв'яка; $\varphi = 17,5^\circ$ – кут підйому нарізки.

3. Маса черв'яка:

$$G = \frac{\pi \cdot (D - d_0)^2}{4} \cdot \rho \cdot l_p = \frac{3,14 \cdot (0,09 - 0,025)^2}{4} \cdot 7800 \cdot 2,25 = 58,24 \text{ кг}$$

Де $d_0 = 25$ мм – діаметр отвору черв'яка; $\rho = 7800$ кг/м³ – густина матеріалу черв'яка (40 ХН2МА); $l_p = 2,25$ – довжина робочої частини.

4. Розподілене навантаження від власної ваги:

$$q = \frac{g \cdot G}{l_p} = \frac{9,81 \cdot 58,24}{2,25} = 253,93 \text{ Н/м}$$

5. Максимальний згинаючий момент:

$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_p^2 = \frac{1}{2} \cdot 253,93 \cdot 2,25^2 = 642,76 \text{ Нм}$$

6. Площа небезпечного перерізу (В):

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot (1 - \alpha^2) = \frac{3,14 \cdot 0,063^2}{4} \cdot (1 - 0,4^2) = 2,62 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\alpha = \frac{d_0}{d_1} = \frac{25}{63} = 0,4$$

7. Осьовий момент опору:

$$W_x = \frac{\pi d_1^3 \cdot (1 - \alpha^3)}{32} = \frac{3,14 \cdot 0,063^3 \cdot (1 - 0,4^3)}{32} = 2,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

8. Дотичні напруження в перерізі В:

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{4775}{4,78 \cdot 10^{-5}} = 99,8 \text{ МПа}$$

де W_x – полярний момент опору, м³

$$W_p = \frac{\pi d_1^3 \cdot (1 - \alpha^4)}{16} = \frac{3,14 \cdot 0,063^3 \cdot (1 - 0,4^4)}{16} = 4,78 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

9. Полярний момент інерції:

$$I = \frac{\pi d_1^4}{64} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,063^4}{64} \cdot (1 - 0,4^4) = 0,75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

10. Стискання напруження:

					ЛП71.137243.000-70РР	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$\sigma_{ст} = \frac{P_{ос}}{F} + \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{31,83 \cdot 10^3}{2,62 \cdot 10^{-3}} + \frac{642,76}{2,3 \cdot 10^{-5}} = 12,15 \cdot 10^6 + 27,95 \cdot 10^6$$

$$= 40,1 \text{ МПа}$$

11. Еквівалентні напруження:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{ст}^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{40,1^2 + 4 \cdot 99,8^2} = 203,6 \text{ МПа}$$

12. Коефіцієнт запасу повинен перевищувати допустиме значення:

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

Матеріал черв'яка сталь 40ХН2МА для якої $\sigma_t = 850 \text{ МПа}$

$$n = \frac{850}{203,6} = 4,17 > [n]$$

Умова міцності черв'яка виконується.

2.1.3. Розрахунок корпусу екструдера на міцність

Вихідні данні для розрахунку:

Внутрішній діаметр гільзи: $D_1 = 90 \text{ мм}$

Зовнішній діаметр гільзи: $D_2 = 130 \text{ мм}$

Зовнішній діаметр корпусу: $D_3 = 155 \text{ мм}$

Границя текучості корпусу: $\sigma_{тк} = 550 \text{ МПа}$

Потужність привода: $N = 50 \text{ кВт}$

Частота обертів: $n = 1,67 \text{ с}^{-1}$

Тиск розплаву: $P = 20 \text{ МПа}$

ККД двигуна: $\eta = 0,92$

Коефіцієнт Пуассона: $\mu = 0,25$

1. Розтяжне зусилля:

$$Q = \frac{P \cdot \pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{20 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 0,09^2}{4} = 1,27 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

2. Осьова напруга, що розтягує:

$$\sigma_z = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (D_3^2 - D_2^2)} = \frac{4 \cdot 1,27 \cdot 10^5}{3,14 \cdot (0,155^2 - 0,13^2)} = 2,27 \cdot 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

3. Момент обертання, що діє на циліндр:

					ЛП71.137243.000-70РР	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$M_{06} = 162,3 \cdot \frac{N}{n} \cdot \eta = 162,3 \cdot \frac{50}{1,67} \cdot 0,92 = 4,34 \text{ кНм}$$

4. Відношення діаметрів:

$$\alpha = \frac{D_2}{D_3} = \frac{130}{155} = 0,84$$

5. Полярний момент опору:

$$W = \frac{\pi D_3^3}{16} \cdot (1 - \alpha^4) = \frac{3,14 \cdot 0,155^3}{16} \cdot (1 - 0,84^4) = 3,67 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

6. Дотичні напруження, при обертанні:

$$\tau_{06} = \frac{16 \cdot M_{06}}{W} = \frac{16 \cdot 4,34 \cdot 10^3}{3,67 \cdot 10^{-4}} = 1,89 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$$

7. Приведена напруга по третій теорії міцності:

$$\begin{aligned} \sigma_{пр} &= \sqrt{\sigma_z^2 + 4 \cdot \tau_{06}^2} = \sqrt{(2,27 \cdot 10^7)^2 + 4 \cdot (1,89 \cdot 10^8)^2} = \sqrt{1434,15 \cdot 10^{14}} \\ &= 3,78 \cdot 10^8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

8. Запас міцності:

$$n = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{пр}} = \frac{550 \cdot 10^6}{3,78 \cdot 10^8} = 1,46 > [n] = 1,4$$

9. Відношення діаметрів:

$$K_1 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{90}{130} = 0,69$$

$$K_2 = \frac{D_2}{D_3} = \frac{130}{155} = 0,84$$

10. Контактний тиск:

$$\begin{aligned} \sigma_k &= \left(\frac{2 \cdot P_p \cdot K_1^2}{1 - K_1^2} + \mu \cdot \sigma_z \right) \cdot \frac{(1 - K_1^2) \cdot (1 - K_2^2)}{2 \cdot (1 - K_1^2 \cdot K_2^2)} \\ &= \left(\frac{2 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 0,69^2}{1 - 0,69^2} + 0,25 \cdot 2,27 \cdot 10^7 \right) \\ &\quad \cdot \frac{(1 - 0,69^2) \cdot (1 - 0,84^2)}{2 \cdot (1 - 0,69^2 \cdot 0,84^2)} = 4,87 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 \end{aligned}$$

11. Тангенціальна напруга від дії контактної:

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$\sigma_t = \sigma_K \cdot \frac{1 + K_2^2}{1 - K_2^2} = 4,87 \cdot 10^6 \cdot \frac{1 + 0,84^2}{1 - 0,84^2} = 2,82 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$$

12. Еквівалентна напруга в шарі сполучення циліндра і гільзи:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sigma_K}{1 - K_2^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 4,87 \cdot 10^6}{1 - 0,84^2} = 2,865 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$$

13. Еквівалентна напруга внутрішньої поверхні гільзи:

$$\sigma_r = 0;$$

$$\sigma_t = -\sigma_K \frac{2}{1 - K_1^2} = -4,87 \cdot 10^6 \cdot \frac{2}{1 - 0,84^2} = -3,31 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$$

14. Напруга від дії гідростатичного тиску розплаву на внутрішній поверхні гільзи:

$$\sigma_t^r = P_p = 20 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$$

$$\sigma_t^r = P_p \cdot \frac{1 + K_1^2}{1 + K_2^2} = 20 \cdot 10^6 \cdot \frac{1 + 0,69^2}{1 + 0,84^2} = 17,3 \cdot 10^6$$

15. Сумарні напруги:

$$\sigma_t^E = \sigma_t^r + \sigma_t^H = 17,3 \cdot 10^6 - 33,1 \cdot 10^6 = -15,8 \cdot 10^6$$

$$\sigma_t^E = \sigma_t^r + \sigma_t^H = 20 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

16. Сумарна еквівалентна напруга по енергетичній теорії міцності:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{екв}} &= \sigma_{\text{екв}}' + \sigma_{\text{екв}}'' = \frac{\delta_3 \cdot \sigma_K}{1 - K_1^2} - \frac{2 \cdot \sigma_K}{1 - K_1^2} = 2,865 \cdot 10^7 - 3,31 \cdot 10^7 \\ &= -4,45 \cdot 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \end{aligned}$$

17. Запас міцності по границі текучості:

$$n = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{\text{екв}}} = \frac{550 \cdot 10^6}{4,45 \cdot 10^6} = 123,6 > [n]$$

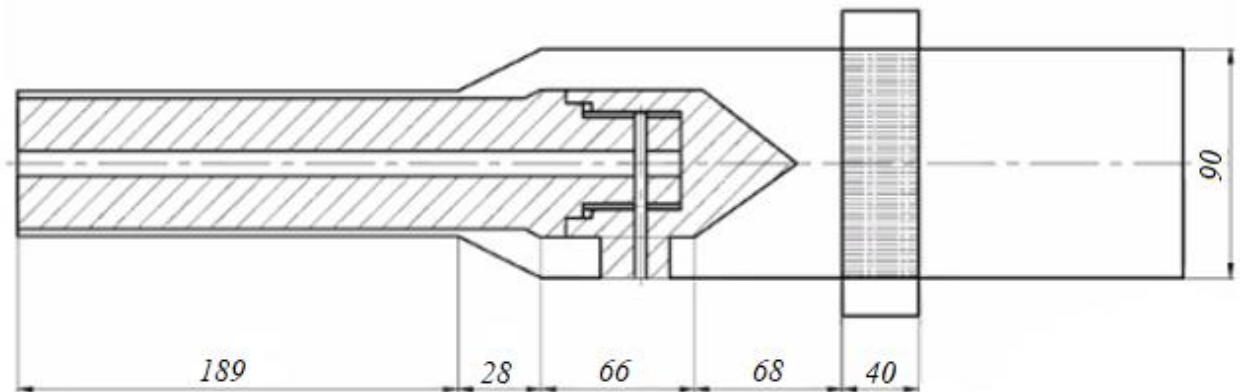
Робимо висновок, що корпус екструдера обраний вірно.

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

2.2. Кінематичний розрахунок головки черв'ячного екструдера

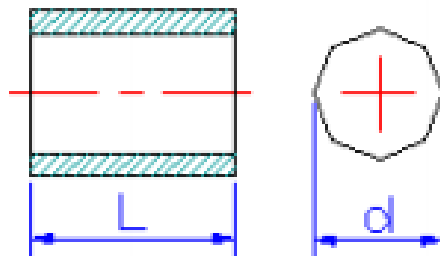
2.2.1. Розрахунок коефіцієнта геометричної форми голівки

$$K_{\text{заг}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}}$$



1. Коефіцієнт геометричної форми, 160 круглих циліндричних отворів:

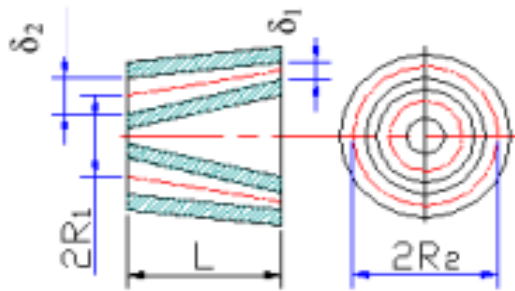
$$L = 40\text{мм} \quad d = 2\text{мм}$$



$$K_1 = \frac{\pi \cdot d^4}{128L} \cdot 160 = \frac{3,14 \cdot 2^4}{128 \cdot 40} \cdot 160 = 1,57 \text{ мм}^3$$

2. Конічний кільцевий канал:

$$L = 68\text{мм}; R_1 = 22\text{мм}; R_2 = 37\text{мм}; \delta_1 = 45\text{мм}; \delta_2 = 16\text{мм}$$



$$w = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{R_1 \delta_2}{R_2 \delta_1} \right) - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1) \delta_1 \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \delta_1^2 \delta_2^2}$$

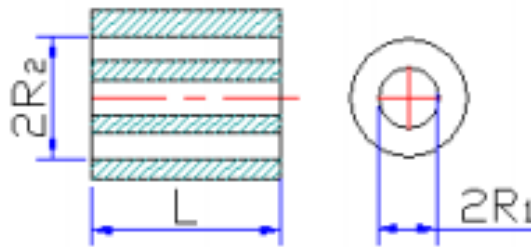
$$= \left(\frac{22 - 37}{22 \cdot 16 - 37 \cdot 45} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{22 \cdot 16}{37 \cdot 45} \right) - \frac{(22 - 37) \cdot (45 - 16)}{(22 \cdot 16 - 37 \cdot 45) \cdot 45 \cdot 16} - \frac{45^2 - 16^2}{2 \cdot 45^2 \cdot 16^2}$$

$$= -0,00237$$

$$K_2 = \frac{\pi(R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1)}{6L\omega} = \frac{3,14 \cdot (22 \cdot 16 - 37 \cdot 45)}{6 \cdot 68 \cdot (-0,00237)} = 4265,85 \text{ мм}^3$$

3. Для круглого кільцевого каналу:

$$L = 66 \text{ мм}; d_1 = 90 \text{ мм}; d_2 = 58 \text{ мм}$$



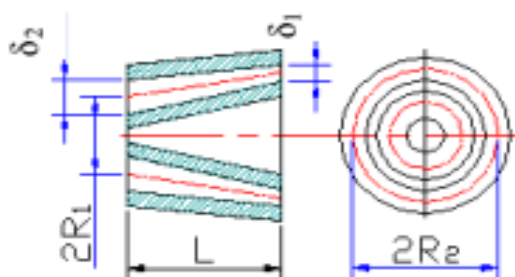
$$R_1 = \frac{d_2}{2} = \frac{58}{2} = 29 \text{ мм}$$

$$R_2 = \frac{d_1}{2} = \frac{90}{2} = 45 \text{ мм}$$

$$K_3 = \frac{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2}{12 \cdot L} = \frac{3,14 \cdot (29 + 45) \cdot (45 - 29)^2}{12 \cdot 66} = 75,14 \text{ мм}^3$$

4. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$$L = 28 \text{ мм}; R_1 = 27 \text{ мм}; R_2 = 37 \text{ мм}; \delta_1 = 16 \text{ мм}; \delta_2 = 5 \text{ мм}$$



$$w = \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{R_1 \delta_2}{R_2 \delta_1} \right) - \frac{(R_1 - R_2)(\delta_1 - \delta_2)}{(R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1) \delta_1 \delta_2} - \frac{\delta_1^2 - \delta_2^2}{2 \delta_1^2 \delta_2^2}$$

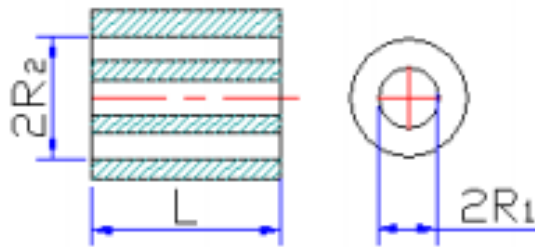
$$= \left(\frac{27 - 37}{27 \cdot 5 - 37 \cdot 16} \right)^2 \cdot \ln \left(\frac{27 \cdot 5}{37 \cdot 16} \right) - \frac{(27 - 37) \cdot (16 - 5)}{(27 \cdot 5 - 37 \cdot 16) \cdot 16 \cdot 5} - \frac{16^2 - 5^2}{2 \cdot 16^2 \cdot 5^2}$$

$$= -0,02176$$

$$K_4 = \frac{\pi(R_1 \delta_2 - R_2 \delta_1)}{6L\omega} = \frac{3,14 \cdot (27 \cdot 5 - 37 \cdot 16)}{6 \cdot 28 \cdot (-0,02176)} = 392,73 \text{ мм}^3$$

5. Круглий кільцевий:

$$L = 189 \text{ мм}; d_1 = 58 \text{ мм}; d_2 = 50 \text{ мм}$$



$$R_1 = \frac{d_2}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм}$$

$$R_2 = \frac{d_1}{2} = \frac{58}{2} = 29 \text{ мм}$$

$$K_5 = \frac{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2}{12 \cdot L} = \frac{3,14 \cdot (25 + 29) \cdot (29 - 25)^2}{12 \cdot 189} = 1,197 \text{ мм}^3$$

Загальний коефіцієнт геометричної форми голівки:

$$K_{\text{зар}} = \frac{1}{\frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} + \frac{1}{K_5}} = \frac{1}{\frac{1}{1,57} + \frac{1}{4265,85} + \frac{1}{75,14} + \frac{1}{392,73} + \frac{1}{1,197}}$$

$$= 0,6718 \text{ мм}^3$$

2.2.2. Розрахунок продуктивності черв'ячної машини

Продуктивність черв'ячної машини розраховуємо:

$$Q = \frac{\alpha K_n}{K + \beta + \gamma} \text{ мм}^3/\text{с}$$

1. Кут нахилу лінії нарізки:

$$\varphi = \arctg \frac{1}{\pi D} = \arctg \frac{90}{3,14 \cdot 90} = 0,308 \text{ рад}$$

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

2. Коефіцієнт прямого потоку:

$$\alpha = \frac{\pi D h_2 (t - e) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 4(90 - 8,1) \cdot \cos^2(0,308)}{2} = 66256,744 \text{ мм}^3$$

3. Коефіцієнт зворотного потоку:

$$\beta = \frac{h_2^3 \cdot (t - e) \cos^2 \varphi}{2} = \frac{4^3 \cdot (90 - 8,1) \cdot \cos^2(0,308)}{2} = 0,8479 \text{ мм}^3$$

4. Коефіцієнт перетоку через гребінь витків:

$$\gamma = \frac{\pi^2 D^2 \delta^3 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varphi}{10e \cdot l_g} = \frac{3,14^2 \cdot 90^2 \cdot 0,18^3 \cdot \operatorname{tg}(0,308) \cdot \sin(0,308)}{10 \cdot 8,1 \cdot 1170} = 4,73 \cdot 10^{-4}$$

5. Об'ємна секундна продуктивність черв'ячної машини:

$$Q = \frac{\alpha K_n}{K + \beta + \gamma} = \frac{66256,744 \cdot 0,67 \cdot 10^{-3}}{0,67 \cdot 10^{-3} + 0,8479 + 4,73 \cdot 10^{-4}} = 49392,5 \text{ мм}^3/\text{с}$$

6. Вагова продуктивність:

$$\Pi = 3600 \cdot Q \cdot \rho \cdot 10^{-9} = 3600 \cdot 49392,5 \cdot 10^{-9} \cdot 1040 = 183 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 0,51 \text{ кг/с}$$

2.2.3. Розрахунок перепаду тиску в екструзійній головці

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

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

Матеріал: ПВХ–ПХ1183; $t = 180 \text{ }^\circ\text{C}$; $\mu = 4461,3 \cdot \gamma^{-0,532}$

1. 160 круглих циліндричних отворів:

$$d = 2 \text{ мм} \quad K_1 = 1,57 \text{ мм}^3$$

$$Y_1 = \frac{32Q}{\pi d^3} \cdot \frac{1}{160} = \frac{32 \cdot 49392,5}{3,14 \cdot 2^3 \cdot 160} = 390,1 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot 390,1^{-0,532} = 452,9 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$\Delta P_1 = \frac{49392,5 \cdot 452,9}{1,57} = 14,1 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

2. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$$R_1 = 22 \text{ мм}; R_2 = 37 \text{ мм}; \delta_1 = 45 \text{ мм}; \delta_2 = 16 \text{ мм}; K_2 = 4268,85 \text{ мм}^3$$

$$Y_2 = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi(R_1 + R_2)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22,32 \cdot 49392,5}{3,14 \cdot (22 + 37) \cdot (45 + 16)^2} = 0,4 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot 0,4^{-0,532} = 21086,3 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P_2 = \frac{49392,5 \cdot 21086,3}{4268,85} = 0,24 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

3. Круглий кільцевий канал:

$$R_1 = 29 \text{ мм}; R_2 = 45 \text{ мм}; K_3 = 75,14 \text{ мм}^3$$

$$Y_3 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 49392,5}{3,14 \cdot (29 + 45) \cdot (45 - 29)^2} = 4,94 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot 4,94^{-0,532} = 5188 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P_3 = \frac{49392,5 \cdot 5188}{75,14} = 3,39 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

4. Конічний кільцевий з конічною щілиною:

$$R_1 = 27 \text{ мм}; R_2 = 37 \text{ мм}; \delta_1 = 16 \text{ мм}; \delta_2 = 5 \text{ мм}; K_4 = 392,73 \text{ мм}^3$$

$$Y_4 = \frac{22,32 \cdot Q}{\pi(R_1 + R_2)(\delta_1 + \delta_2)^2} = \frac{22,32 \cdot 49392,5}{3,14 \cdot (27 + 37) \cdot (16 + 5)^2} = 3,08 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot 3,08^{-0,532} = 6761 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P_4 = \frac{49392,5 \cdot 6761}{392,73} = 0,85 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

5. Круглий кільцевий канал:

$$R_1 = 25 \text{ мм}; R_2 = 29 \text{ мм}; K_5 = 1,197 \text{ мм}^3$$

$$Y_3 = \frac{5,58 \cdot Q}{\pi(R_1 + R_2)(R_2 - R_1)^2} = \frac{5,58 \cdot 49392,5}{3,14 \cdot (25 + 29) \cdot (29 - 25)^2} = 108,4 \text{ с}^{-1}$$

$$\mu = 4461,3 \cdot 108,4^{-0,532} = 803,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta P_5 = \frac{49392,5 \cdot 803,5}{1,197} = 3,29 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Загальний перепад тиску в головці: $\Delta P = \sum \Delta P_i = 21,87 \text{ МПа}$

					ЛП71.137243.000-70PP	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

2.3. Розрахунок потужності приводу екструдера

Визначити потужність, що витрачається на переробку поліетилену.

1) Потужність, споживана в гвинтовому каналі:

$$I = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{\pi^2 \cdot D^5}{t^2 + \pi^2 \cdot D^2} = \frac{3,14^2 \cdot 90^2 - 4 \cdot 90^2}{3,14^2} +$$

$$+ \frac{3,14^2 \cdot 90^5}{90^2 + 3,14^2 \cdot 90^2} = 343374 \text{ мм}^2$$

$$\gamma_k = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60h_2 \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + 2 \cdot t^2}} = \frac{3,14^2 \cdot 90^2 \cdot 100}{60 \cdot 4 \cdot \sqrt{3,14^2 \cdot 90^2 + 2 \cdot 90^2}} = 113$$

при $\gamma_k = 113$, $\mu_k = 895$.

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) \cdot l_d \cdot I \cdot \mu_k \cdot n^2}{136 \cdot t} \cdot 10^{-13} + \frac{\alpha \cdot \Delta P \cdot n}{6} \cdot 10^{-5} =$$

$$= \frac{3,14^3 \cdot (90 - 8,1) \cdot 756 \cdot 343374 \cdot 895 \cdot 100^2}{136 \cdot 90} \cdot 10^{-13} +$$

$$+ \frac{19730,61 \cdot 21,87 \cdot 100}{6} \cdot 10^{-5} = 12,01 \text{ кВт}$$

2) Потужність, споживана в зазорі між гребенем і корпусом:

$$N_2 = \frac{\pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot l_d \cdot \mu_3 \cdot n^2}{136 \cdot t \cdot \delta} \cdot 10^{-13} = \frac{3,14^3 \cdot 90^3 \cdot 8,1 \cdot 756 \cdot 186 \cdot 100^2}{136 \cdot 90 \cdot 0,18} \cdot 10^{-13} = 10,98 \text{ кВт}$$

3) Потужність, споживана в зоні дозування:

$$N_d = N_1 + N_2 = 12,01 + 10,98 = 22,99 \text{ кВт}$$

4) Потужність, споживана черв'яком:

$$N_r \approx 2N_d = 2 \cdot 22,99 = 46 \text{ кВт}$$

5) Потужність двигуна:

ККД приводу приймаємо $\eta = 0,92$;

$$N_{дв} = \frac{N_r}{\eta} = \frac{46}{0,92} = 50 \text{ кВт}$$

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

2.4. Тепловий розрахунок

Визначаємо кількість тепла, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Вихідні дані:

Потужність, встановлена електродвигуном	$N = 50$ кВт,
Продуктивність до пластифікованого ПВХ	$G_M = 0,51$ кг/с,
Початкова температура матеріалу	$T_{II} = 20$ °С,
Кінцева температура матеріалу	$T_K = 180$ °С,
Температура поверхні кожуха	$T_{кож} = 45$ °С,
Температура повітря	$T_B = 20$ °С,
Ширина теплообмінної поверхні	$B = 0,33$ м,
Довжина теплообмінної поверхні	$L = 1,974$ м,
К.К.Д. приводу преса	$\eta_1 = 0,6$,
К.К.Д. електродвигуна	$\eta_2 = 0,92$,
К.К.Д. перетворення механічної енергії в теплову	$\eta_3 = 0,8$

1) Тепловий баланс преса:

$$Q_N + Q_{QI} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{II}) + Q_o + Q_{втр}$$

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

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 50 \cdot 0,6 \cdot 0,92 \cdot 0,8 = 22,08 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{втр} = Q_K + Q_{ввтр}$$

де Q_K - втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією:

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

де F – площа теплообмінної поверхні кожуха:

$$F = B \cdot L = 0,33 \cdot 1,974 = 0,651 \text{ м}^2$$

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

					ЛП71.137243.000-70PP	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{B}$$

де Nu - критерій Нуссельта,

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:

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

Розрахункова температура:

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

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:

$$Gr = \frac{\beta \cdot B^3 \cdot g \cdot \Delta T}{\nu_M^2} = \frac{1}{273 + 32,5} \cdot \frac{0,33^3 \cdot 9,8}{(18,95 \cdot 10^{-6})^2} \cdot (45 - 20) = 80,26 \cdot 10^6$$

Добуток $Gr \cdot Pr$:

$$Gr \cdot Pr = (80,26 \cdot 10^6 \cdot 0,7) = 56,2 \cdot 10^6$$

Критерій Нуссельта знаходимо за формулою:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n = 0,54 \cdot (56,2 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 46,79$$

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

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_M}{B} = \frac{46,79 \cdot 2,69 \cdot 10^{-2}}{0,33} = 3,81 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Втрати тепла в оточуюче середовище конвекцією за формулою:

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (T_{\text{кож}} - T_B) = 3,81 \cdot 0,651 \cdot (45 - 20) = 62,07 \text{ Вт}$$

					ЛП71.137243.000-70PP	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Втрати тепла в оточуюче середовище випромінюванням:

$$Q_{\text{випр}} = 5,67 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right) = 5,67 \cdot 0,6 \cdot 0,651 \cdot \left(\left(\frac{305,5}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right) = 32,22 \text{ Вт}$$

де $E = 0,6$ - 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:

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}} = 62,07 + 32,22 = 94,29 \text{ Вт}$$

3) Q_o – кількість теплоти, що відводиться водою, яка охолоджує черв'як:

$$Q_o = G_B \cdot C_B \cdot \Delta t_B ,$$

де G_B – витрата води ($G_B = 0,0174 \text{ кг/с}$), C_B – питома теплоємність води ($C_B = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$), Δt_B – перепад температур води між входом та виходом ($\Delta t_B = 7 \text{ }^\circ\text{C}$).

$$Q_o = G_B \cdot C_B \cdot \Delta t_B = 0,0174 \cdot 4200 \cdot (273 + 7) = 20462,4 \text{ Вт}$$

4) Кількість тепла, яке підводиться до корпусу електронагрівачами:

$$Q_{Ql} = G_M \cdot C_M \cdot (T_K - T_{II}) + Q_{\text{втр}} + Q_o - Q_N = 0,51 \cdot 6,046 \cdot (1800 - 20) + 94,29 + 20462,4 - 2208 = 18,75 \text{ кВт}$$

					ЛП71.137243.000-70PP	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

РОЗДІЛ ІІІ
ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

					ЛП71.137243.000-70TE	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

III. Технологія машинобудування

3.1. Технологія виготовлення деталі

В якості об'єкта для розробки технологічного процесу виготовлення деталі, було обрано фланець, який з'єднує завантажувальний бункер із завантажувальною горловиною корпуса екструдера.

Дана деталь працює в умовах високої температури і напружень, що надає їй високої відповідальності, а отже наявність зовнішніх та внутрішніх дефектів не є припустимим.

Матеріал з якого зроблена заготовка – сталь 40 (ГОСТ 1050-88), який достатньо пластичний для обробки і різання стандартними ріжучими інструментами.

Виготовлення заготовки деталі здійснюється за методом гарячої штамповки, тобто розігріту сталь відштамповують за допомогою спеціального преса. Далі заготовку проточують на металорізальних верстатах до необхідних геометричних параметрів і просвердлюють отвори для кріпильних болтів. Після чого отримують готову до використання деталь (фланець).

3.2 Опис та призначення деталі

Фланець – це плоска кругла деталь типу «диск», з отворами для болтів і гайок, яка призначена для регулювання зазорів, з'єднання валів та інших обертальних і нерухомих деталей.

В даному випадку фланець призначений для з'єднання завантажувального бункера із завантажувальною горловиною корпуса екструдера.

Фланець виготовлений зі сталі 40, яка має такі характеристики:

Хімічний склад у % матеріалу сталь 40

					ЛП71.137243.000-70TE	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Cu
0.37-0.45	0.17-0.37	0.50-0.80	≤0.30	≤0.035	≤0.040	≤0.25	≤0.30

Механічні властивості сталі 40

Межа плинності, не менше	Межа короточасної міцності, не менше	Мінімальне відносне подовження, %, не менше	Відносне звуження, %, не менше
335	570	19	45

3.3 Вибір заготовки для виготовлення деталі

Враховуючи технологічні властивості матеріалу деталі (Сталь 40, ГОСТ 1050-88), її габарити і вимоги до механічних властивостей, для одержання заготовки будемо використовувати метод гарячої штамповки, що забезпечить четвертий клас точності (за ГОСТ 26645-84).

З огляду на матеріал і габарити деталі, а також невисокі вимоги до якості штамповки, заготовку будемо отримувати шляхом штамповки на горизонтально-кувальній машині (ГКМ).

					ЛП71.137243.000-70TE	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

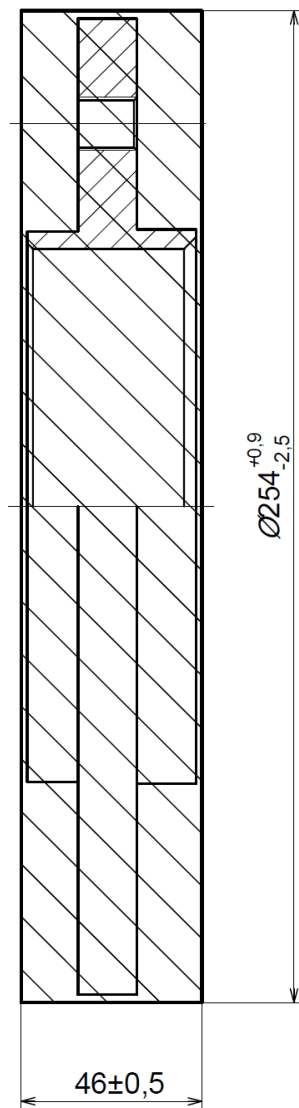


Рис. 3.1. Заготовка фланця

Оскільки фланець відноситься до класу дисків, тому технологічний процес складається з наступних операцій:

- чорнова і чистова обробка торця і отвора;
- чорнова і чистова обробка другого торця, а також чорнова і чистова обробка зовнішньої поверхні при базуванні деталі по обробленим начисто внутрішньої поверхні і торця;
- зняття фасок та свердління отворів.

3.4 Технологічний процес виготовлення деталі

Послідовність операцій:

Операція 005. Токарно-револьверна.

					ЛП71.137243.000-70TE	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Точити торець, витримуючи розмір 43; зенкерувати отвір, витримуючи розмір $\text{Ø}132\text{H}9$; точити поверхню, витримуючи розміри $\text{Ø}142\text{g}6$ і 15; точити фаску, витримуючи розмір $3 \times 45^\circ$.

Операція 010. Токарно-револьверна.

Точити торець, витримуючи розмір 43; точити поверхню, витримуючи розміри $\text{Ø}141\text{g}6$ і 13; точити фаску, витримуючи розмір $1,5 \times 45^\circ$.

Операція 015. Свердлильна.

Свердлити отвори (8 шт.), витримуючи розмір 12 і $\text{Ø}196$; нарізати різьбу M12 у 8 отворах.

Операція 020. Шліфувальна.

Шліфувати поверхні $\text{Ø}132\text{H}9$, $\text{Ø}142\text{g}6$ і $\text{Ø}141\text{g}6$.

3.5 Вибір та розрахунок пристосування для певної операції

Дана деталь відноситься до середньосерійного виробництва, для якої підбирають високопродуктивне спеціалізоване універсальне обладнання, орієнтуючись на габаритні розміри заготовки, а також на відповідність розмірів робочих органів верстатів і вимоги до класу точності.

Операція 005,010. Токарно-револьверна.

Виконують на токарно-револьверному верстаті 1Г325 з наступними характеристиками:

клас точності – Н;

максимальний діаметр оброблюваної деталі над станиною – 320 мм;

максимальна довжина деталі – 140 мм;

максимальний діаметр прутка – 25 мм;

межі частот обертання шпинделя – 80...3150 об/хв;

потужність головного приводу – 2,6 кВт;

вага верстата – 1300 кг;

габарити верстата мм:

- довжина – 3980

- ширина – 1000

					ЛП71.137243.000-70TE	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- висота – 1555.

Операція 015. Свердлильна.

Виконують на вертикально-свердлильному верстаті НС-16 з наступними характеристиками:

клас точності – Н;

максимальний діаметр свердлильного отвору – 22 мм;

межі частот обертання шпинделя – 550...3400 об/хв;

хід шпинделя – 100 мм;

хід траверси – 200 мм;

потужність головного приводу – 0,75 кВт;

вага верстата – 110 кг;

габарити верстата мм:

- довжина – 680

- ширина – 420

- висота – 735.

3.6 Вибір пристосування, опис конструкції та принцип дії

Для операції зі свердлінням отворів на кінцях фланців, будемо застосовувати універсальний кондуктор оснащений швидкодіючим пневматичним діафрагменним приводом і трьома прихватами.

Кондуктор працює наступним чином:

Деталь 1, встановлена на корпусі 2 кондуктора, притискається до нього за допомогою пластини 3 і прихватами 5, самі прихвати прикріплені до рами 4, яка регулюється у вертикальному напрямку штоком 6. В результаті переміщення штока 6, відбувається стиснення пружини 7. Після проведення свердління, у пневматичному приводі знижується тиск і пружини 7 підіймають шток 6 і раму 4, в результаті чого відбувається послаблення прихвату і звільнення деталі.

					ЛП71.137243.000-70ТЕ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

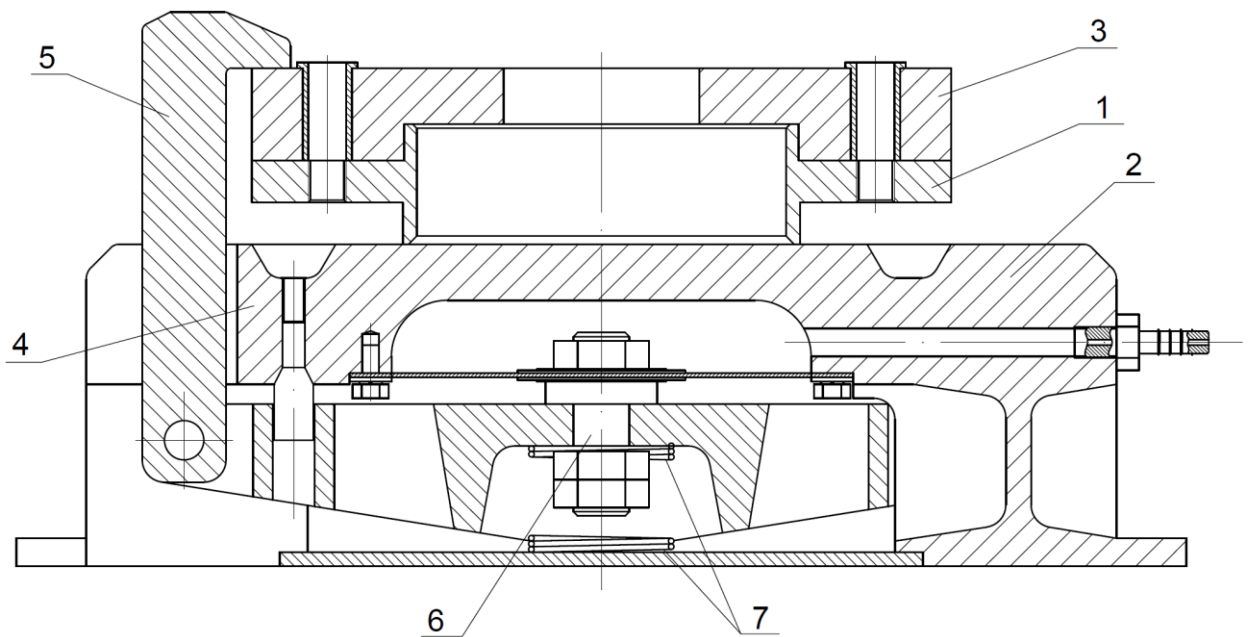


Рис. 3.2. Кондуктор оснащений швидкодіючим пневматичним діафрагменним приводом і трьома прихватами

3.7 Розрахунок сил закріплення деталі

Заготовка закріплюється затискними гвинтами у патроні.

Сила притискання заготовки прихватами:

$$P = \frac{2 \cdot M_{\max} \cdot k}{D \cdot f} = \frac{2 \cdot 16,6 \cdot 3,5}{0,25 \cdot 0,16} = 2905 \text{ Н};$$

M_{\max} – максимальний обертовий момент при свердлінні отвору під різьбу М12-6Н. $M_{\max} = 16,6 \text{ Нм}$ [1];

D – діаметр базової поверхні, $D = 0,25 \text{ м}$;

k – коефіцієнт запасу міцності, $k = 3,5$ [21];

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,16$ [21].

Висновки

Під час виконання дипломного проекту, за темою «Агрегат для виготовлення труб з модернізацією екструдера», було проведено такі етапи:

- Проаналізовано базові конструкції черв'ячного екструдера, а також деяких компонентів лінії виробництва;
- Проведено розрахунки геометричних і силових параметрів черв'яка та корпусу екструдера, розрахунок формуючої головки, тепловий розрахунок, та розрахунок приводу електродвигуна;
- Проведено літературно-патентний огляд на тему дипломного проекту, в результаті якого було обрано два патенти, які відносяться до модернізації геометрії черв'яка та корпусу екструдера, ці нововведення дозволять покращити якість перероблюваної композиції і уникнути дефектів в матеріалі;
- Було розроблено 3D модель модернізованого черв'яка, з використанням системи автоматизованого проектування (САПР) французької фірми Dassault Systèmes --- CATIA. Також було проведено розрахунок на міцність даної 3D моделі в системі ANSYS, в результаті якого було підтверджено працездатність модернізованого черв'яка;
- Проведено роботу по відповідності даного агрегату до існуючих стандартів і норм щодо охорони праці та навколишнього середовища.

Тож, з урахуванням усіх розрахунків і стандартів щодо техніки безпеки, можна зробити висновок, що модернізований агрегат є працездатним і більш вигідним з точки зору якості вихідного продукту.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Література

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для вузов -М.: Химия, 1986. – 488 с.
2. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с. : іл. – Бібліогр. : с. 196. – 300 пр.
3. Шенкель Г. Шнековые прессы для пластмасс – Л. ГИХП, 1962. – 498с.
4. Пат. України № 1241 U, МПК В29С 47/74, 47/66, 47/76.
5. Пат. України № 48713 А, МПК В29С 47/36.
6. Пат. СРСР № 1030189 А, МПК В29F 3/02.
7. Пат. України № 42573 А, МПК В29С 47/38, В27N 3/28.
8. Пат. України № 87166 U, МПК В29С 47/12.
9. Пат. Великобританії №1439202А, МПК В29F 3/06.
10. Пат. Великобританії №1457103А, МПК В29В 1/10.
11. Пат. Російської Федерації №2225145С2, МПК А23Р1/12; В29С47/40.
12. Пат. Великобританії №1367769А, МПК В29В 1/10.
13. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс литьем под давлением: метод, указ, для практических занятий, курсового и дипломного проектирования. Екатеринбург: УГЛТА, 2001. 44 с.
14. Шембель А. С. Сборник задач и проблемных ситуаций по технологии переработки пластмасс: учеб, пособие для техникумов / А. С. Шембель, О. М. Антипина. Л.: Химия, 1990. 272 с.
15. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс экструзией: метод, указ, для практических занятий, курсового и дипломного проектирования. Екатеринбург: УГЛТА, 2001.48 с.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Адк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

16. Шварц О. Переработка пластмасс / О. Шварц. Ф.-В. Эбелинг, Б. Фурт: под общ. ред. А. Д. Паниматченко. СПб.: Профессия. 2005. 320 с.

17. Крыжановский В. К. Производство изделий из полимерных материалов: учеб, пособие / В. К. Крыжановский. М. Л. Кербер, В. В. Бурлов. А. Д. Паниматченко. СПб.: Профессия. 2004. 464 с.

18. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкция и технические расчеты В. Микаэли; под ред. В. П. Володина. Пер. с англ. СПб.: Профессия. 2007. 472 с.

19. Рауендаль К. Экструзия полимеров / К. Рауендаль; под ред. А. Я. Малкина. Пер. с англ. СПб.: Профессия. 2006. 768 с.

20. Рябинин Д.Д., Лукач Ю.Е. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей. - М.: Машиностроение, 1965. - С. 209.

21. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни „Технологія машинобудування” для студентів факультету хімічного машинобудування та поліграфічного факультету (Укл. С. С. Добрянський, В. К. Фролов, В. Л. Шестаков) – К.: КПІ, 1996. – 78 с.

22. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. Горбацевич А.Ф., Шкред В. А. – Минск: Вышэйш. шк., 1975.- 287 с.

23. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1, 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение. 1985-1986. – 656 с.

24. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.

25. Кукин П.П, Лапин В.Л. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для Вузов. – М.: Высшая школа, 2009.

26. Девислов, В.А. Охрана труда. – М.: Форум-Инфра-М, 2007.

					ЛП71.137243.000-70ПЗ	Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Додаток 1

Таблиця розглянутих патентів

№ п.п.	Предмет пошуку	№ свідоцтва, МПК, країна, організація, автор	Суть заявленого технологічного рішення та ціль його створення
1	ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	№1241 UA, МПК B29C47/74, 47/66, 47/76 Автори: Лукач Юрій Юхимович, Біденко Василь Дмитрович, Бондаренко Володимир Миколайович, Мікульонок Ігор Олегович, Сезонов Максим Вікторович	Екструдер для перероблення термопластичних матеріалів, що містить корпус з розташованим в його порожнині з можливістю обертання щонайменше одним черв'яком з ущільнювальним елементом, що розділяє порожнину корпусу на дві частини, який відрізняється тим, що дві порожнисті частини корпусу сполучені одна з одною за допомогою масопроводу з вхідним і вихідним каналами, а також виконаним у корпусі між зазначеними каналами дегазаційним отвором.
2	ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	№1030189 SU, МПК B29F3/02 Автори: Хусед Герман Іонасович, Волков Анатолій Олександрович, Іл'їн Вадим Григорович	Екструдер для переробки термопластичних матеріалів, що містить гільзу, розміщений в ній черв'як, виконаний у вигляді сердечника з розміщеною на ньому гвинтовою нарізкою з зонами пластикації і зміщення, який відрізняється тим, що нарізка витків в зоні зміщення виконана з прорізами і з напрямком, протилежним напрямку нарізки витків в зоні пластикації, прорізи виконані уздовж поздовжньої осі екструдера із заглибленням в сердечник черв'яка, величина якого обрана в межах від 0,1 до 0,5 висоти витка.
3	ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ З КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ПОЛІМЕРІВ І ОРГАНІЧНИХ НАПОВНЮВАЧІВ	№42573 UA, МПК B29C47/38, B27N3/28 Автори: Мікульонок Ігор Олегович, Біденко Василь Дмитрович, Суханов Владімір Петрович, Бородін Ігорь Владімірович, Жидов Ніколай Вікторович,	Екструдер для виготовлення виробів з композицій на основі термопластичних полімерів і органічних наповнювачів, що містить порожнистий корпус з послідовно розташованими вікнами для завантаження органічного наповнювача й розплаву термопластичного полімеру, а також розташований у корпусі з можливістю обертання щонайменше один

		Сезонов Максим Вікторович	шнек, відрізняється тим, що вікно завантаження органічного наповнювача розташоване перед вікном для завантаження полімеру, ущільнювальний елемент шнека розташовано після вікна для завантаження полімеру, а корпус на ділянці між зазначеними вікнами, а також після ущільнювального елемента шнека споряджено дегазаційними каналами.
4	ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	№48713 UA, МПК B29C47/36 Автори: Сокольський Олександр Леонідович, Каток Ксенія Валеріївна, Сівецький Володимир Іванович	Черв'ячний екструдер для полімерних матеріалів, що містить корпус з встановленими в ньому змішувальними штифтами, розміщений в корпусі черв'як з нарізкою, переривистою в зоні розміщення штифтів, відрізняється тим, що штифти встановлені з можливістю переміщення вздовж осі екструдера.
5	ЕКСТРУДЕР	№87166 UA, МПК B29C47/12 Автори: Трошин Олексій Георгійович, Тельнов Іван Олексійович, Івкін Владислав Володимирович, Завінський Сергій Іванович	Екструдер, що містить корпус, привід, шнек з конічним наконечником, калібрувальну матрицю, на поверхні конічного наконечника шнека, який знаходиться у зоні матриці, виконані лопатки, розміщені по колам, який відрізняється тим, що до конічного наконечника приєднана циліндрична частина, розміщена у предматричній зоні, довжина якої складає 0,01-3 діаметра шнека, на циліндричній частині також виконані лопатки, всі лопатки у перерізі мають форму прямокутника, конічний наконечник має кут при вершині від 5 до 170°, матриця екструдера складається із конусоподібної частини і частини, перпендикулярній осі шнека, конусоподібна частина матриці повернута до шнека, при цьому кут при вершині конусоподібної частини матриці більше кута при вершині конічного наконечника на 0-20°, в матриці виконані формуючі канали, які розміщені паралельно осі шнека і

			складаються з двох частин: широкої і вузької різної довжини.
6	ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР	№1439202 GB, МПК B29F3/06	Екструдер для переробки пластмасових матеріалів та еластомерів, що містить гільзу, розміщений в ній черв'як з гвинтовою нарізкою, який відрізняється тим, що має регулювальний дросель розташований в корпусі для регулювання потоку матеріалу, що перемішується.
7	ЕКСТРУДЕРНІ ЧЕРВ'ЯКИ	№1367769 GB, МПК B29B1/10	Черв'ячний екструдер для переробки термопластичних матеріалів, що містить корпус, гільзу і розташований в ній черв'як з гвинтовою нарізкою, відрізняється тим, що черв'як розділений на декілька зон, що йдуть одна за одною в напрямку екструзії, при цьому структура черв'яка, щонайменше, в одній зоні має різьбу, яка починається у тому ж місті, що і дана зона, має інший крок, меншу глибину і декілька початків.
8	ЗМІШУВАЛЬНИЙ ЕКСТРУДЕР	№1457103 GB, МПК B29B1/10	Черв'ячний екструдер для переробки термопластичних матеріалів, що містить корпус, гільзу і розташований в ній черв'як з гвинтовою нарізкою, відрізняється тим, що містить у напрямку транспортування матеріалу черв'яком три послідовні зони, причому перша зона пристосована для періодичного закриття з усіх боків таким чином, щоб сформувати закриту змішувальну камеру, яка при відкритті дозволяє скидати змішані матеріали черв'яком, друга зона - зона зберігання та транспортування, третя зона – зона служить для транспортування матеріалу до виходу екструдера.
9	ЧЕРВ'ЯЧНИЙ ЕКСТРУДЕР	№209296 PL, МПК B29C47/60, B29C47/38	Шнековий екструдер, що має черв'ячний гвинт, розміщений в циліндрі, оснащений напрямком потоку пластику в припливній, бар'єрній зонах та зони

			гомогенізації, відрізняється тим, що бар'ерна зона черв'яка складається щонайменше з двох секцій, сформованих таким чином, що відношення довжини окремих секцій до довжини бар'ерної зони переважно знаходиться в межах 0,1 – 0,5.
10	ЕКСТРУДЕР	№2225145 RU, МПК B29C47/40, A23P1/12	Екструдер для виробництва термопластичних матеріалів, відрізняється тим, що містить кільцевий виступ, який має конічну і циліндричну поверхні для поступового зменшення зазору між виступом і внутрішньою гвинтовою поверхнею втулки, причому на циліндричній поверхні виконані гвинтові канавки з трапецеїдальним поперечним перерізом.

Додаток 2

Результати програм розрахунку на ЕОМ

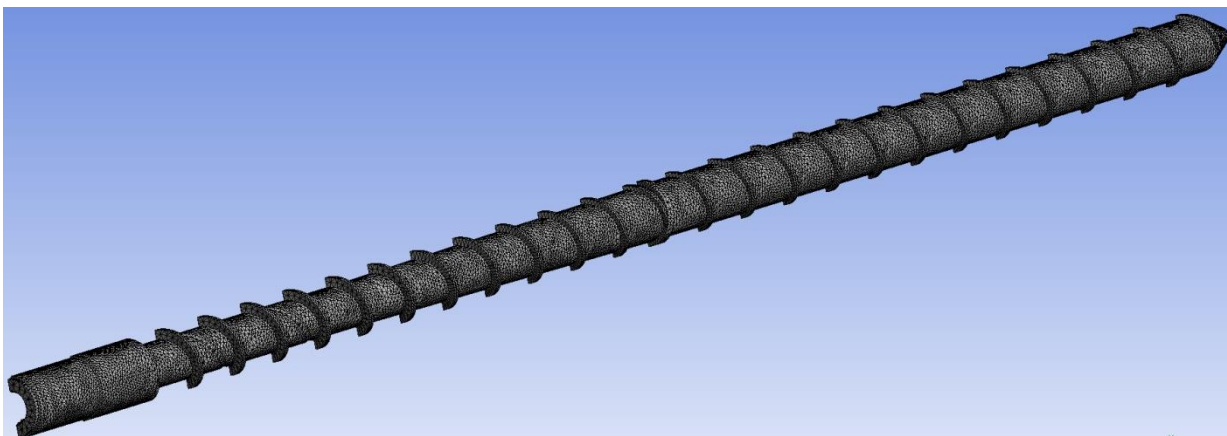


Рис. 1 – Сітка скінченних елементів черв'яка.

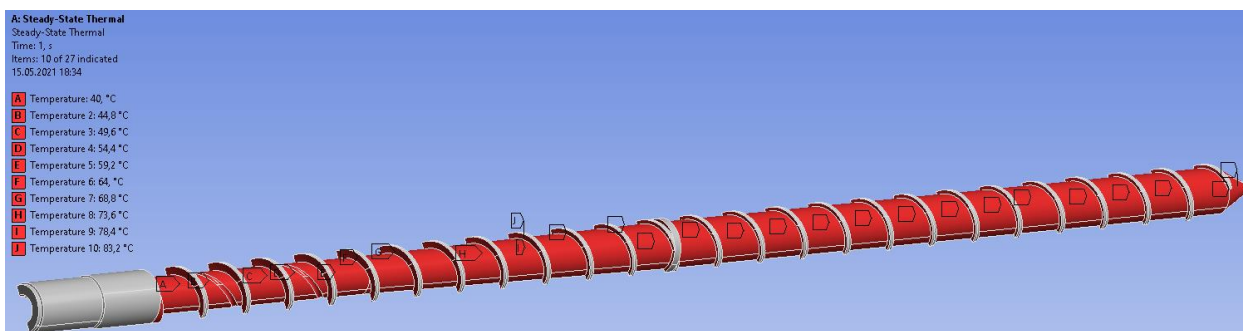


Рис. 2 – Схема дії температур.

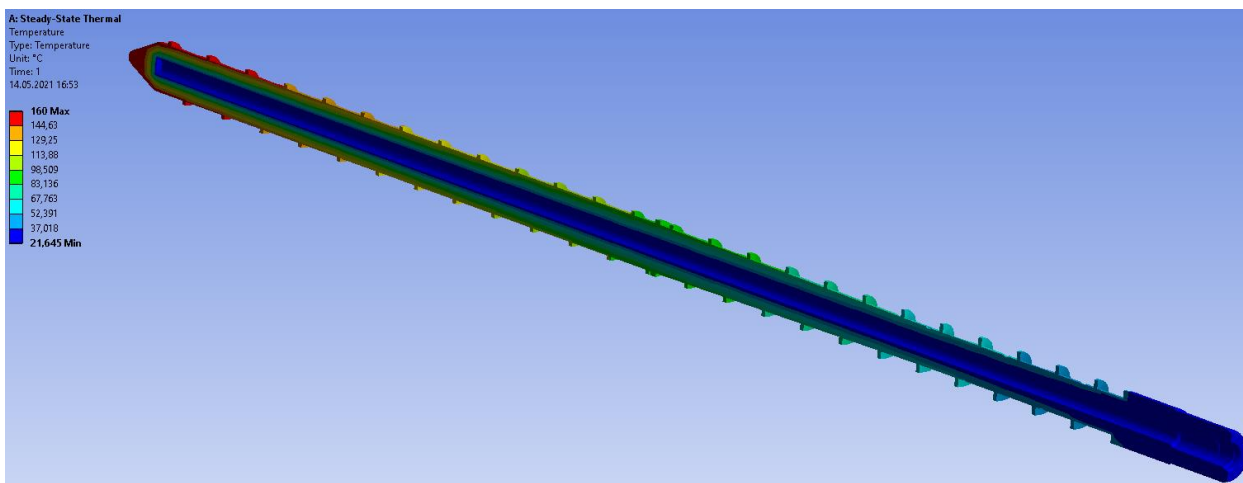


Рис. 3 – Схема розподілу температури по товщині.

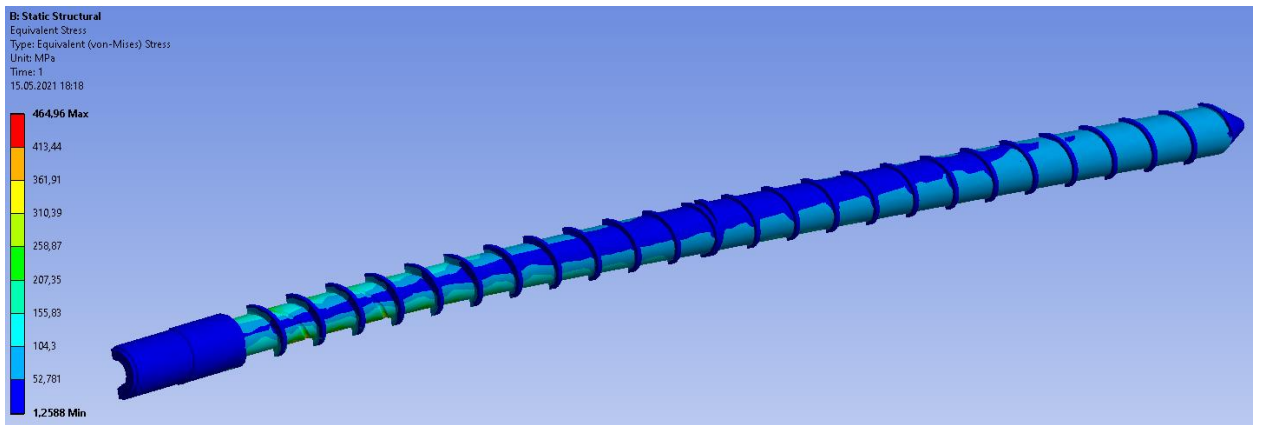


Рис. 4 – Еквівалентні напруження.

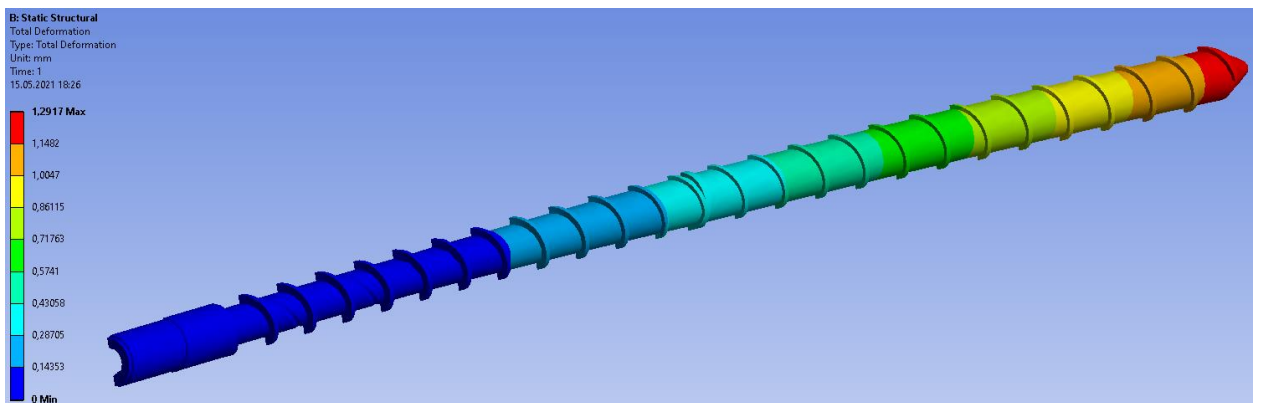


Рис. 5 – Загальні деформації.

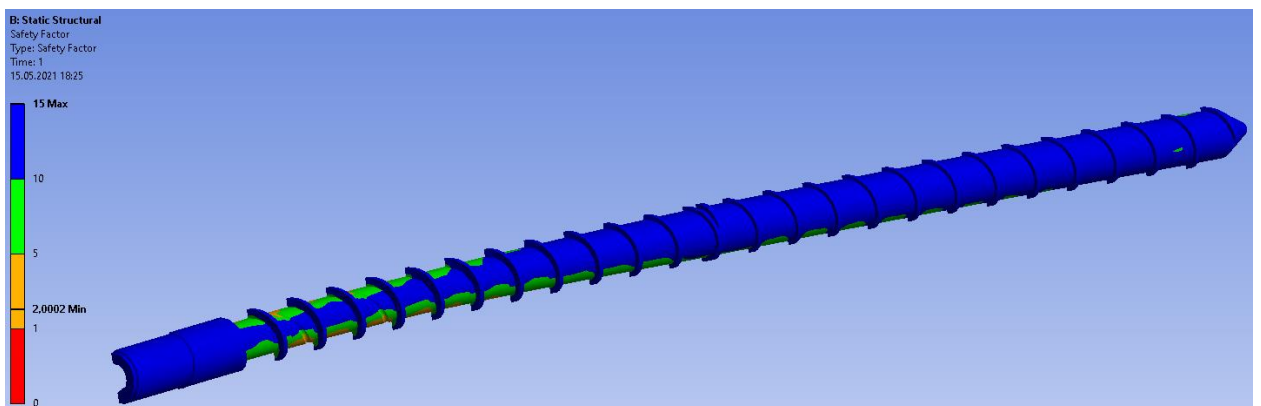


Рис. 6 – Коефіцієнт запасу міцності.

Додаток 3

Вплив кроку нарізки шнекового вала в зоні дозування на продуктивність черв'ячного преса.

Мальчевський О.Т., студент; Борщик С.О., ст. вик.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Проведено чисельні дослідження по визначенню залежності об'ємної продуктивності від кроку нарізки черв'яка.

Ключові слова: продуктивність черв'ячної машини, крок нарізки черв'яка.

В даній роботі розглянуто вплив величини кроку нарізки черв'яка t (рис. 1) на продуктивність шнекового преса в зоні дозування. Оптимальне значення цього параметру, а також ефективність роботи черв'ячної машини при його зміні.

Для розрахунку об'ємної продуктивності Q шнекової машини для переробки термопластів, в залежності від опору головки і конструкції дозуючої зони, ми використовуємо таку формулу[1,3,5]:

$$Q = \frac{AK}{K+B+C} n, \quad (1)$$

де: Q – об'ємна продуктивність, $\text{см}^3/\text{хв}$; K – коефіцієнт опору головки, см^3 ; n – частота обертання черв'яка, хв^{-1} ; A – стала прямого потоку для черв'яка з постійними геометричними розмірами, см^3 ; B – стала зворотного потоку для черв'яка з постійними геометричними розмірами, см^3 ; C – стала потоку витоків для черв'яка з постійними геометричними розмірами, см^3 .

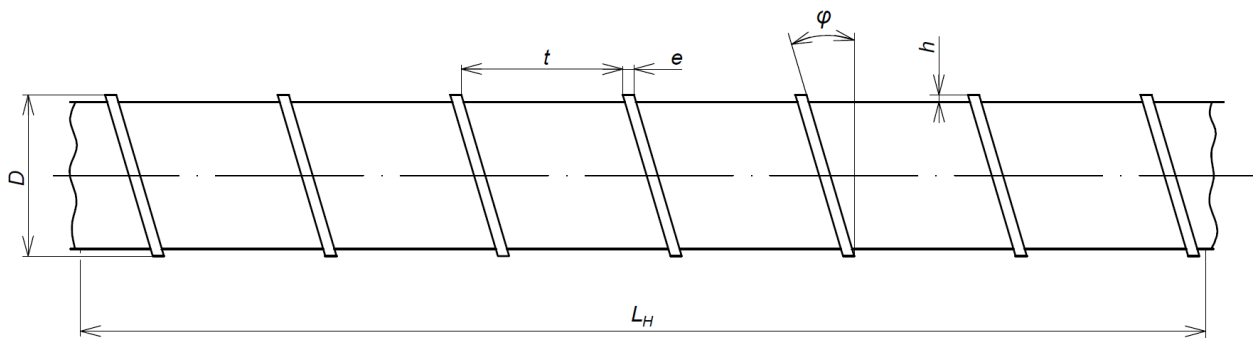


Рис. 1. Шнековий вал в зоні дозування черв'ячного преса.

Значення постійних прямого потоку A , зворотного B і потоку витоків C для черв'яків з постійними геометричними розмірами нарізки визначаються наступним чином:

$$A = \frac{\pi Dh(t-\lambda e)\cos 2\varphi}{2}, \quad (2)$$

$$B = \frac{h^3(t-\lambda e)\sin 2\varphi}{24L_H}, \quad (3)$$

$$C = \frac{\pi^2 D^2 \delta^2 t g \varphi \sin \varphi}{10eL_H}. \quad (4)$$

де: D – зовнішній діаметр черв'яка, см; t – крок нарізки черв'яка, см; h – глибина нарізки, см; e – ширина гребня нарізки, см; λ - число заходів; δ – величина зазору між гребнем шнека і внутрішньою стінкою циліндра, см; φ – кут підйому гвинтової лінії нарізки черв'яка; $\text{tg } \varphi = t/\pi D$; $L_{\text{ц}}$ – довжина зони дозування, см. Сталі параметри шнекового вала наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

D , см	e , см	h , см	λ	δ , см	φ , град	$L_{\text{ц}}$, см	$K \times 10^3$, см ³	n , хв ⁻¹
9	0,63	0,4	1	0,02	16,5	63	0,672	100

Тепер, маючи всі необхідні розміри та параметри нашого черв'ячного преса, з використанням формул 1-4, знайдемо оптимальне значення t ($0,8 \dots 1,2 D$) [2,4], змінюючи цей показник в певному діапазоні. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

t , см	A , см ³	$B \times 10^3$, см ³	$C \times 10^4$, см ³	Q , см ³ /хв
7,2	105,11	5,82	0,64	1076,64
8,1	119,51	6,62	0,548	1092,75
9	133,9	7,42	0,48	1105,42
9,9	148,3	8,22	0,427	1115,66
10,8	162,7	9,01	0,384	1124,11

Для зручності будемо графік ілюструючий залежність об'ємної продуктивності Q від кроку нарізки черв'яка t (рис. 2).

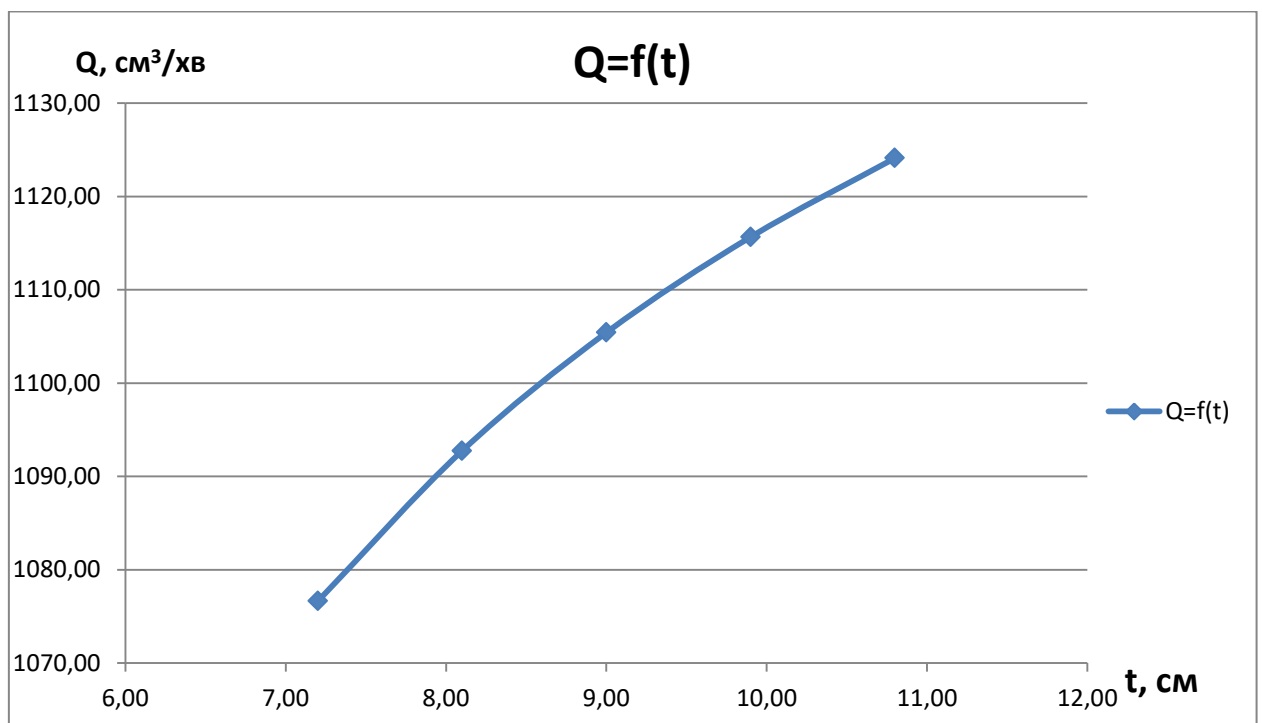


Рис.2. Графік залежності об'ємної продуктивності Q черв'ячної машини від кроку нарізки черв'яка t .

Висновок: як бачимо, Q напряму залежить від величини t , зі збільшенням останньої Q також невідпинно росте. Таким чином ефективність машини можна підвищувати завдяки збільшенню t доти, поки конструктивні розміри й комплексна цілісна міцність корпусу й вузлів це дозволить. Максимальне можливе значення Q треба шукати через комплексні розрахунки поступово змінюючи інші геометричні розміри й властивості полімерної маси.

Література:

1. Ю.И. Литвінец Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией, 2010. – 56 с.
2. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для вузов -М.: Химия, 1986. – 488 с.
3. Основы материальных расчетов и выбора оборудования для переработки пластических масс литьем под давлением: метод. указ. Для практических занятий, курсового и дипломного проектирования, 2001. – 44 с.
4. Оборудование для переработки пластмасс. Справочное пособие/ Под ред. В.К.Завгородного. М., Машиностроение, 1976. – 407 с.
5. Крыжановский В. К. Производство изделий из полимерных материалов: учеб. пособие / В. К. Крыжановский, М. Л. Кербер, В. В. Бурлов, А. Д. Паниматченко. СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПІДВИЩЕНІЙ ЗАПИЛЕНОСТІ І ЗАГАЗОВАНОСТІ ПОВІТРЯ РОБОЧОЇ ЗОНИ ПІД ЧАС РОБОТИ НА ЧЕРВ'ЯЧНОМУ ЕКСТРУДЕРІ

*Мальчевський О. Т., студ. (гр. ЛП-71, ІХФ КПІ ім. Ігоря Сікорського)
Бердичевський Д. В., студ. (гр. ПК-71, ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Анотація. Визначення шкідливих чинників при технологічному процесі, а саме, роботі черв'ячного полімерного екструдера. Організація безпечної робочої зони, дотримання всіх норм ОП, розробка методики запобігання шкідливого впливу на оператора та дії працівників в надзвичайній ситуації.

Вступ. Виробнича пил є одним з широко поширених шкідливих факторів, що негативно впливають на здоров'я робітників. Багато речовин, потрапляючи в організм, можуть призводити до гострих і хронічних отруєнь, тобто є токсичними [1].

Виробничим пилом називають ширяючі у повітрі, повільно осідаючі тверді частинки розміром від кількох десятків до долей мкм [2].

У виробничому процесі формування виробу з полімерного матеріалу (ПВХ) шляхом його розігріву до температури 150-220 °С виділяються

небезпечні речовини. Допустимі норми концентрації цих речовин в повітрі робочої зони нормуються таблицями гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин. Перевищення концентрації шкідливих речовин (концерогенів) може призвести до онкологічних захворювань, надавати токсичну дію на організм людини, викликати ураження центральної нервової системи, кісткової системи, системне ураження сполучної тканини, мозку, серця [3].

Аналіз стану питання. У виробничому процесі пов'язаному з роботою полімерного екструдера не можливо уникнути шкідливих викидів в атмосферу робочої зони через технологічну специфіку. А саме, в процесі нагрівання полімеру, в нашому випадку ПВХ, в повітря виділяється значна кількість шкідливих речовин, зокрема вінілхлориду.

Мета роботи. На базі існуючих норм безпеки, й дотримання встановлених стандартів охорони праці на виробництві привести виробничий процес до відповідності цим нормам, а також розробити методику контролю дотримання цим нормам всього технологічного процесу.

Методики, матеріали і результати досліджень.

Полівінілхлорид. Виділяє вінілхлорид. При підвищених температурах (+ 80°C) починається розм'якшення і посилене його виділення з готових виробів ПВХ (труби, пластикові упаковки, лінолеум, іграшки) [3].

Таблиця 1 – Питомі викиди шкідливих речовин у атмосферу при переробці термопластів [4].

Найменування технологічної операції	Матеріал	Шкідливі речовини, що виділяються у атмосферу	
		Найменування	Показник питомих викидів, г/кг
Гранулювання на базі екструдерів	Поліетилен	Органічні кислоти в перерахунку на оцтову кислоту	0,30
		Оксид вуглецю	0,20
	Полістирол	Стирол	0,05
	ПВХ	Вінілхлорид	0,02
	ПЕТФ	Органічні кислоти в перерахунку на оцтову кислоту	0,30
		Оксид вуглецю	0,20

Подрібнення	Поліетилен, Полістирол, ПВХ, ПЕТФ	Пил термопластів	0,70
-------------	--	------------------	------

PVC (ПВХ) - полівінілхлорид. Використовується для труб, трубок, садових меблів, в підлогових покриттях, для віконних профілів, жалюзі, пляшок миючих засобів та клейонки. Матеріал є потенційно небезпечним для харчового застосування, так як може містити діоксини, бісфенол А, ртуть, кадмій і інші[5].

Виробнича пил і аерозоль може проникати в шкіру і в отвори сальних і потових залоз. У деяких випадках може розвинути запальний процес. Не виключена можливість виникнення виразкових дерматитів і екзем при впливі на шкіру пилу хромоцілієвих солей, миш'яку, міді, вапна, соди та інших хімічних речовин [6]. У нашому випадку небезпечною речовиною є вінілхлорид в газоподібному стані (аерозоль).

За ступенем потенційної небезпеки впливу на організм людини шкідливі речовини, що містяться в повітрі робочої зони, розділені на 4 групи [1]:

I клас - надзвичайно небезпечні (ртуть і ін.);

II клас - високонебезпечні (кобальт і ін.);

III клас - умереноопаєні (камфора та ін.);

IV клас - малонебезпечні (аміак).

Розглядувані нами речовини відносяться:

- ПВХ до IV класу,

- вінілхлорид до I класу,

за ступенем небезпеки впливу на організм виробничого пилу.

Основним критерієм якості повітря є гранично допустимі концентрації (ГДК).

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин (вінілхлориду) в повітрі робочої зони, згідно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»:

Речовина	Величина ГДК (мг/м ³)	Агрегатний стан за умов виробничого процесу.	Клас небезпеки	Особливості впливу на організм
Вінілхлорид	5/1*	п(пара)	I	Канцероген

* де чисельник - максимальна, знаменник - середньозмінна ГДК.

PVC або V (полівінілхлорид), з часом починає виділяти канцерогенну речовину - вінілхлорид. При нагріванні з полімеру воно виділяється в атмосферу робочого приміщення, а звідти в організм людини.

Для підтримки оптимального іонного складу повітря, знепилювання і знезараження повітря в приміщенні необхідно застосування:

- загальної та місцевої витяжної вентиляції приміщень і робочих місць;
- іонізаторів повітря.

Для зниження шкідливих речовин в робочій зоні рекомендується проводити регулярне прибирання в виробничому приміщенні з застосуванням спеціальних засобів для чищення [7].

Окремо потрібно зазначити необхідність забезпечити наявність відповідних засобів індивідуального захисту. На кшталт: респіратори, захисні рукавиці, спец. одяг., захисні окуляри тощо.

Висновки. Як вказано вище, основою розробки методики й етапів виробничого процесу пов'язаного з матеріалами з високою шкідливістю (I клас), є суворе дотримання вимог охорони праці, планування й ретельний контроль технологічного процесу, зокрема запобігання впливу шкідливих чинників, забезпечення необхідними матеріалами захисту й своєчасне усунення нештатних ситуацій пов'язаних з екологічною, пожежною, медичною безпекою.

Науковий керівник: Качинська Н.Ф., ст. викл., (каф. ОППЦБ КПІ ім. Ігоря Сікорського);

Література

1. Кукин П.П, Лапин В.Л. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для Вузов. – М.: Высшая школа, 2009;
2. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
3. <http://mogeoz.by/ru/obraz/statyi?id=1940>;
4. <http://eco.com.ua/content/ekologichna-bezpeka-ta-tehnologiyi-pererobki-termoplastiv>;
5. <https://medconfer.com/node/3129>;
6. Девислов, В.А. Охрана труда. – М.: Форум-Инфра-М, 2007;
7. <https://studfile.net/preview/8070681/page:2/>.

Модернізація черв'ячного екструдера

Мальчевський О.Т., студент; Сівецький В.І., к.т.н., професор
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано вдосконалення черв'ячного екструдера, з метою покращення гомогенізуючої ефективності, та забезпечення системи дегазації мас.

В [1,2] наведені типові конструкції екструдерів для переробки полімерів. Основними недоліками конструкцій екструдерів є недостатня змішувальна ефективність і відсутність системи дегазації.

Для вирішення проблеми інтенсивності змішування полімерів, застосуємо рішення запропоноване в патенті [3]. В даному конструктивному рішенні пропонується покращення процесів змішування та гомогенізації за допомогою виконання на гребні черв'яка (2) розривів (4), а також встановлення в корпусі екструдера (1) змішувальних штифтів (6), які мають можливість переміщення вздовж осі екструдера за допомогою пружин (7), які знаходяться в пазах (5) і вільного проходження крізь розриви (4) на витках (3) черв'яка (рис.1). Вказані зміни дозволяють інтенсифікувати процеси змішування та гомогенізації шляхом збільшення зсувної дії інтенсивності, що діє на матеріал, який перероблюється, додатково його турбулізації та переносу порцій матеріалу вздовж осі екструдера в прямому та зворотному напрямках, що в свою чергу сприяє підвищенню одноманітності та якості композицій.

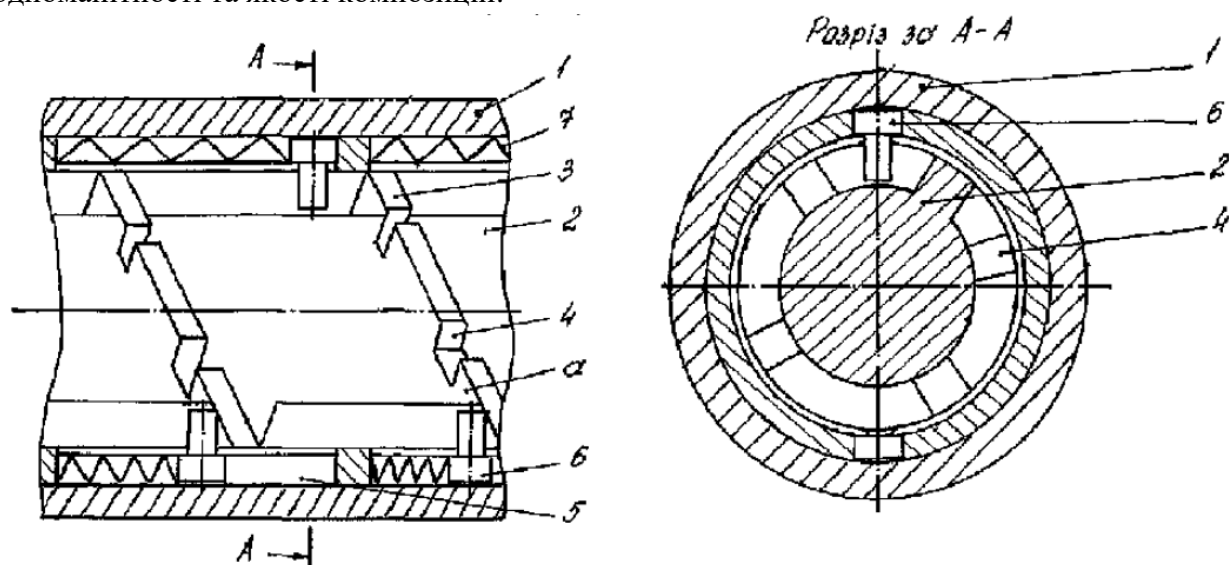


Рис.1 Поздовжній розріз екструдера в зоні встановлення штифтів та розріз А – А

1 – корпус; 2 – черв'як; 3 – витки; 4 – розриви; 5 – пази; 6 – штифти; 7 – пружина.

З метою вирішення проблеми дегазації мас, пропонується рішення [4]. Тобто в порожнині (2) корпуса (1) міститься черв'як (3) з ущільнювальним елементом (4), що розділяє порожнину корпуса на дві частини (5) і (6), сполучені одна з одною за допомогою масопроводу (7) з входним (8) і вихідним (9) каналами, а також виконаний у корпусі між зазначеними каналами дегазаційний отвір (10), сам корпус (1) по довжині виконаний з двох секцій (11) і (12), з'єднаних між собою за допомогою фланцевого з'єднання (13), а масопровід (7) виконано у вигляді щонайменше одного поздовжнього отвору в стінці однієї із секцій корпуса (1) з боку фланцевого з'єднання (13) і на входній ділянці споряджено заглушкою (14) (рис.2).

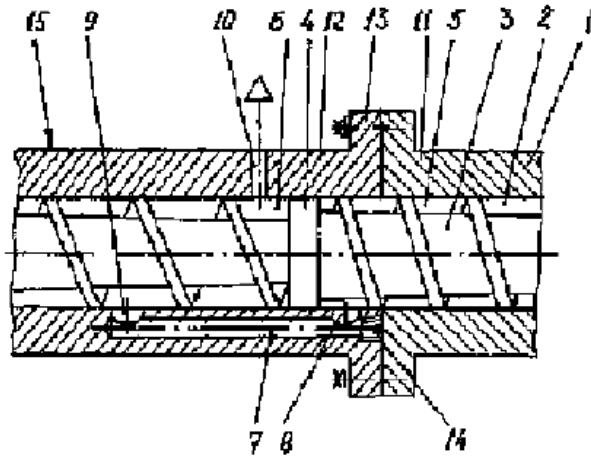


Рис.2 Поздовжній розріз екструдера в зоні дегазації

1 – корпус; 2 – порожнина; 3 – черв'як; 4 – ущільнювальний елемент; 5,6 – перша і друга частини порожнини корпуса; 7 – масопровід; 8,9 – вхідний і вихідний канал відповідно; 10 - дегазаційний отвір; 11,12 – перша і друга секції корпуса; 13 – фланцеве з'єднання; 14 – заглушка; 15 – зовнішня поверхня.

Система дегазації дозволить суцільно підвищити якість полімерних виходів за рахунок ліквідації окремих бульбашок і піноутворення всієї маси розплаву.

Література

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для вузов -М.: Химия, 1986. – 488 с.
2. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с. : іл. – Бібліогр. : с. 196. – 300 пр.
3. Пат. України № 48713 А, МПК В29С 47/36 (2006.01), опубл. 15.08.2002.
4. Пат. України № 1241 U, МПК В29С 47/74, 47/66, 47/76 (2006.01), опубл. 15.05.2002.

Модернізація черв'ячного екструдера-змішувача

Мальчевський О.Т., студент; Сівецький В.І., к.т.н., професор
 Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Запропоновано вдосконалення черв'ячного екструдера, з метою покращення його змішуючо-дегазуючої ефективності.

В [1,2] наведені типові конструкції екструдерів для переробки полімерів. Основними недоліками конструкцій екструдерів [1] є недостатня змішувальна ефективність, а також нездатність до прийняття важко-дозованих компонентів суміші.

Для вирішення проблеми підвищення завантажувально-змішуючої ефективності екструдера при переробці важко-дозованих полімерних композицій та необхідності їх дегазації, пропонується удосконалити рішення запропоноване в патенті [3]. В даному

конструктивному рішенні пропонується забезпечити покращення процесу змішування в зоні завантаження 3 за рахунок дооснащення завантажувальної горловини 12 герметизуючи проштовхуючим поршнем 6, який здатен забезпечувати підтримку необхідного тиску в зоні завантаження та змішування і інтенсифікувати зсувну дію черв'яка 2 в наслідок перекриття-відкриття запірною пристроєм 5. Сам черв'як 2, розміщений в корпусі 1, має змінну гвинтову навивку 4, яка працює як для транспортування, так і для змішування матеріалу і яка може мати розриви та змінну конфігурацію. Після досягнення заданого рівня однорідності полімерної суміші запірний пристрій 5 відкривається і суміш подається в зону вакуумування 7, яка має накопичувальну камеру(кишеню) 9 достатньої ємності, щоб запобігти стрибкам тиску при відкритті-закритті запірною пристроєм 5. Сама кишеня 9 має з'єднання 10 для вакуумного насоса, який дегазує матеріал в зоні накопичення 7. Геометрія черв'яка та система терморегулювання 11 для всіх трьох зон проектується згідно [2].

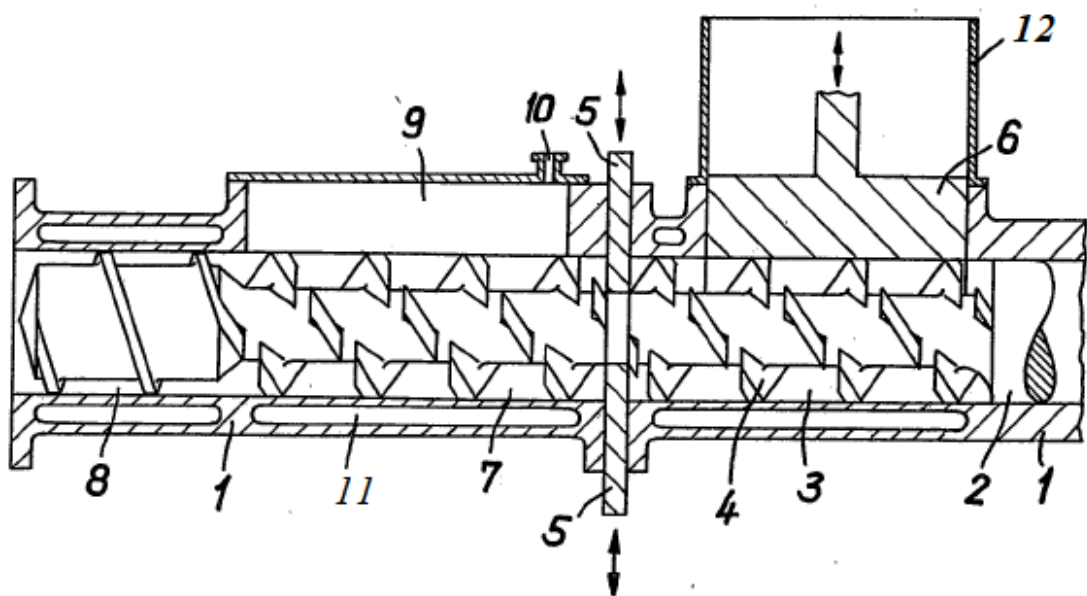


Рис.1 Конструктивна схема модернізованого екструдера-змішувача.

1 - корпус; 2 - черв'як; 3- зона завантаження; 4- гвинтова навивка; 5- запірний пристрій; 6- поршень; 7- зона вакуумування(накопичення); 8- зона дозування; 9- кишеня; 10- з'єднання; 11- порожнина; 12- завантажувальний отвір.

Модернізований екструдер здатний покращити умови завантаження та змішування багатокомпонентних полімерних композицій за рахунок високої змішувальної ефективності модернізованої зони завантаження та можливості її регулювання.

Література

1. Басов Н.И., Казанков Ю.В., Любартович В.А. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов: Учебник для вузов -М.: Химия, 1986. – 488 с.
2. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навч. посіб. / І. О. Мікульонко, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 200 с. : іл. – Бібліогр. : с. 196. – 300 пр.
3. Пат. Великобританії № 1457103 А, МПК В29В 1/10.

